

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Návrh a nastavení elektrických ochran pro
rozvodnu 22 kV Dalkia Česká Republika, a.s.
divize Karviná**

2009

Bc. Martin Adamiec

VŠB – Technical University of Ostrava
Department of Electrical Power Engineering

**Project and Adjustment of Switch Station
Protections**

2009

Bc. Martin Adamiec

.....

.....

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Horní Suché
1. května 2009

Bc. Martin Adamiec

Abstrakt

Úkolem této diplomové práce je navrhnout a nastavit elektrické ochrany rozvodny R 22 kV pro závod Teplárna Karviná firmy Dalkia ČR a.s.

Úvodní část diplomové práce popisuje rozvodnu R 22 kV Teplárny Karviná její funkci, výzbroj, ovládání a stávající způsob chránění.

Další část se zabývá teoretickým popisem chránění především členěním ochran, popisem principu chránění a popisuje data potřebná pro správné nastavení ochran.

Hlavní část této diplomové práce popisuje nejprve nově navržené ochrany, jejich funkce, vlastnosti a parametrování a dále pak samotný výpočet hodnot pro nastavení ochran u jednotlivých vývodů rozvodny R 22 kV Teplárny Karviná. Tyto výpočty jsou doplněny schématy pro výpočet maximálních a minimálních zkratových proudů.

V další kapitole se diplomová práce zabývá návrhem provozního řádu a lhůtami kontrol a revizí ochran. Výsledkem je doporučení provozovateli rozvodny jakým způsobem a jak často provádět tyto kontroly a revize.

V závěru práce je provedeno zhodnocení technického řešení dané problematiky a doplněno o výsledné tabulky hodnot nastavení ochran vývodů rozvodny R 22 kV závodu Teplárny Karviná.

Klíčová slova – kontrola, nadproud, ochrana, oteplení, rozvodna, transformátor, vedení, zkrat, zkratový proud

Abstract

This Diploma Thesis main task is to propose/design and setup the electrical protections for substation R22kV for the Thermal plant Karvina, member of Dalkia CZ group.

The introduction of the Thesis describes fully the Substation Karvina R 22 kV itself by range of functions, installed instrumentation, using and regulation. All this proposed in original/old design of the protection.

Next Thesis chapter deals with the issues regarding the theory of protection, mainly with sorting of the protections, as well as with the necessary data inputs, to setup the protections correctly.

The Main part describes as follows: The new protections selection, their functions, their behaviour standards and the main calculation for each outlet of the R22 kV substation is in this Main part of the Thesis included. These calculations are here sustained by schematics of each maximal and minimal short-connection currents arrangements.

In the next chapter, Thesis describes the operation rules and controlling schedules of the protections. This is resulting to the Substation user recommendation list, how often to provide the described control plan.

In the Final chapter, there is Total technical overview statement, for each chosen protection and the complete list of Parameters to be necessary to set up, for each outlet of the R 22 kV substation, from Thermal Plant Karvina.

Keywords – Control, Overcurrent, Protection, Warming, Substation, Transformer, Distribution, Short-connection, Short-connection current

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	analogovo – digitální převodník
c	napěťový činitel [-]
TG	turbogenerátor
G	generátor
HMI	Rozhraní pro obsluhu z počítače jako řídicí jednotka (Human Machine Interface)
I	proud [A]
I_k''	počáteční rázový zkratový proud (efektivní hodnota) [A]
I_{ke}	ekvivalentní oteplovací proud [A]
I_n	jmenovitý proud [A]
i_p	nárazový zkratový proud [A]
K	koefficient pro výpočet oteplení [-]
LDS	lokální distribuční síť
M	asynchronní motor
max	maximum
min	minimum
MTN	měřicí transformátor napětí
MTP	měřicí transformátor proudu
n	jmenovitá (nominální) hodnota
nn	nízké napětí
OKD	Ostravsko karvinské doly
P	činný výkon [W]
PC	osobní počítač (personal computer)
Re	reaktor
R	rezistence [Ω]
S	průřez vodiče [mm ²]
S	soustava
S_k	zkratový výkon [VA]
S_k''	rázový zkratový výkon zkratového obvodu [VA]
T, t	transformátor
t_k	doba vypnutí zkratu [s]
t_{kmax}	maximální doba trvání zkratu [s]
TKV	teplárna Karviná
u_k	napětí nakrátko
U_n	jmenovité napětí [V]
U_{vz}	vztažné napětí pro výpočet zkrat. poměrů [V]
V	vedení
vn	vysoké napětí
vvv	velmi vysoké napětí
X	reaktance [Ω]
X_d	synchronní reaktance podélná [Ω]
X_d''	rázová reaktance synchronního stroje podélná (nasycená hodnota) [Ω]
Z_k	zkratová impedance trojfázové střídavé soustavy [Ω]
$Z_{(0)}$	netočivá impedance zkratového obvodu [Ω]

$Z_{(1)}$	sousledná impedance zkratového obvodu [Ω]
$Z_{(2)}$	zpětná impedance zkratového obvodu [Ω]
zvn	zvlášť vysoké napětí

Dolní indexy :

(1)	sousledná složka
(2)	zpětná složka
(0)	netočivá složka
k3	trojfázový zkrat
k2	dvoufázový zkrat izolovaný
k1	jednofázový zkrat

OBSAH

OBSAH.....	8
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
1 ÚVOD	11
2 POPIS ROZVODNY R22 KV DALKIA ČR, DIVIZE KARVINÁ	12
2.1 CHARAKTERISTIKA ROZVODNY	12
2.1.1 Všeobecně	12
2.1.2 Schéma rozvodny	12
2.1.3 Ovládací skříň a ovládání rozvodny	12
2.1.4 Měření rozvodny R 22 kV.....	13
2.2 POPIS STÁVAJÍCÍHO ZPŮSOBU CHRÁNĚNÍ.....	13
3 TEORIE CHRÁNĚNÍ ROZVODEN.....	16
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY.....	16
3.2 ZÁKLADNÍ ČLENY OCHRAN	17
3.2.1 Vstupní člen	17
3.2.2 Popudový člen.....	17
3.2.3 Logika	17
3.2.4 Měřicí člen	17
3.2.5 Časový člen	17
3.2.6 Koncový člen	18
3.2.7 Napájecí člen.....	18
3.2.8 Filtry souměrných složek	18
3.3 ROZDĚLENÍ OCHRAN	18
3.3.1 Dělení ochran dle kritérií.....	18
3.3.2 Druhy ochran.....	20
3.4 POŽADAVKY KLADENÉ NA OCHRANY	25
3.5 ZÁKLADNÍ ÚKOLY CHRÁNĚNÍ	26
3.6 PORUCHOVÉ STAVY	27
3.7 TECHNICKÁ DATA PRO VÝPOČET NASTAVENÍ OCHRAN	28
3.7.1 Data nutná pro výpočet nastavení ochran.....	28
3.7.2 Postup při výpočtu maximálního třífázového zkratového proudu.....	29
3.7.3 Postup při výpočtu minimálního třífázového zkratového proudu	33
3.7.4 Výpočet dovoleného oteplení kabelů při zkratu.....	34
4 NÁVRH ELEKTRICKÝCH OCHRAN.....	35
4.1 OCHRANA REF 54_.....	35
4.1.1 Základní popis.....	35
4.1.2 Funkce terminálu vývodového pole	35
4.1.3 Zobrazovací panel HMI	39
4.2 OCHRANA SPAD 346	40
4.2.1 Základní popis.....	40
4.2.2 Modul třífázové stabilizované ochrany SPCD 3D53	41

4.3	OCHRANA RET 316.....	43
4.3.1	Základní popis.....	43
4.3.2	Přehled ochranných funkcí.....	44
5	NASTAVENÍ ELEKTRICKÝCH OCHRAN.....	45
5.1	ZÁKLADNÍ POPIS	45
5.2	VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO TŘÍFÁZOVÉHO ZKRATOVÉHO PROUDU	45
5.3	NÁHRADNÍ SCHÉMA PRO VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO ZKRATOVÉHO PROUDU.....	46
5.4	MAXIMÁLNÍ TŘÍFÁZOVÝ ZKRATOVÝ PROUD	46
5.5	VÝPOČET MINIMÁLNÍHO DVOUFÁZOVÉHO ZKRATOVÉHO PROUDU	46
5.6	SCHÉMA PRO VÝPOČET MINIMÁLNÍHO ZKRATOVÉHO PROUDU	47
5.7	NÁHRADNÍ SCHÉMA PRO VÝPOČET MINIMÁLNÍHO ZKRATOVÉHO PROUDU	47
5.8	MINIMÁLNÍ DVOUFÁZOVÝ ZKRATOVÝ PROUD [8]	47
5.9	VÝPOČET NASTAVENÍ OCHRAN NA ROZVODNĚ 22 kV	48
5.9.1	Výpočet nastavení ochran pro T4 110/23 kV 50 MVA.....	48
5.9.2	Výpočet nastavení ochran pro T5 110/23 kV 40 MVA.....	50
5.9.3	Výpočet nastavení ochran pro T3 22/10,5/6,3 kV	53
5.9.4	Výpočet nastavení ochran pro T6 22/6,3 kV 6,3 MVA.....	54
5.9.5	Výpočet nastavení ochran pro vedení 22 kV OKD D56	55
5.9.6	Výpočet nastavení ochran pro příčnou spojku 22 kV :	56
5.9.7	Výpočet nastavení ochran pro pole měření	57
6	NÁVRH PROVOZNÍHO ŘÁDU A LHŮT KONTROL A REVIZÍ OCHRAN.....	58
6.1	ÚVOD	58
6.2	DRUHY A TERMÍNY KONTROL A ZKOUŠEK.....	58
6.3	NÁVRH MÍSTNÍHO PROVOZNÍHO PŘEDPISU.....	59
7	ZÁVĚR.....	61
8	LITERATURA.....	62
9	PŘÍLOHY.....	63

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 – Tabulka stávajících ochran R 22 kV.....	15
Tabulka č. 2 – Určení napětového činitele	33
Tabulka č. 3 – Koeficient K pro výpočet oteplení při zkratu	34
Tabulka č. 4 – Ochranné funkce dostupné v terminálu RE 54_.....	36
Tabulka č. 5 – Měřicí funkce dostupné v terminálu RE 54_.....	37
Tabulka č. 6 – Funkce měření kvality dostupné v terminálu RE 54_	37
Tabulka č. 7 – Funkce monitorující provozní podmínky dostupné v terminálu RE 54_.....	38
Tabulka č. 8 – Univerzální funkce dostupné v terminálu REF 54_	38
Tabulka č. 9 – Výsledky výpočtů maximálního třífázového zkratového proudu.....	46
Tabulka č. 10 – Výsledky výpočtů minimálního dvoufázového zkratového proudu	47
Tabulka č. 11 – Nastavení rozdílové ochrany pro transformátorT4.....	50
Tabulka č. 12 – Nastavení rozdílové ochrany pro transformátorT5.....	52
Tabulka č. 13 – Diferenciální ochrana - funkce Diff –transf.....	54
Tabulka č. 14 – Přetížení transformátoru - funkce - Overtemp.....	54
Tabulka č. 15 – Časově nezávisle zpožděná nadproudová a podproudová funkce - Current - DT	54
Tabulka č. 16 – Konečné nastavení ochran vývodů R 22 kV.....	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Vazba ochrany a chráněného objektu.....	16
Obrázek 2 - Charakteristika nadproudové závislé ochrany	20
Obrázek 3 - Charakteristika nadproudové nezávislé ochrany	20
Obrázek 4 - Charakteristika mžikové nadproudové ochrany	20
Obrázek 5 - Charakteristika napětové ochrany.....	21
Obrázek 6 - Kruhová charakteristika distanční ochrany ve středové poloze.....	21
Obrázek 7 - Připojení distanční ochrany k chráněnému objektu.....	22
Obrázek 8 - Charakteristika rozdílové ochrany.....	22
Obrázek 9 - Příčná rozdílová ochrana	23
Obrázek 10 - Podélná rozdílová ochrana.....	23
Obrázek 11 - Princip srovnávací ochrany	24
Obrázek 12 - Charakteristika a) wattové ochrany b) jalové ochrany	24
Obrázek 13 - Čelní pohled na terminál.....	40
Obrázek 14 - Čelní pohled na ochranu SPAD 346.....	41
Obrázek 15 - Pracovní charakteristika stabilizované diferenciální ochrany –	42
Obrázek 16 - Nastavovací meze stabilizované diferenciální ochrany – modulu SPCD 3D53.....	42
Obrázek 17 - Blokové schéma ochrany RET 316.....	44
Obrázek 18 - Tabulka ochranných funkcí RET 316.....	44
Obrázek 19 - Provozní zapojení pro výpočet I_{kmax3f}''	45
Obrázek 20 - Provozní zapojení pro výpočet I_{kmin3f}''	47

1 Úvod

Závod Teplárna Karviná je dodavatelem tepla pro přilehlá města Havířov a Karviná a dále dodavatelem elektrické energie do distribuční soustavy 110 kV a do rozvodny R 22 kV firmy OKD. Teplárna Karviná disponuje dvěma kondenzačními odběrovými turbogenerátory o jmenovitých výkonech: TG4 20 MVA a TG5 50 MVA. Generátor TG4 pracuje přímo přes dva paralelní reaktory do rozvodny vlastní spotřeby R 6 kV a generátor TG5 přes blokový transformátor 22/10,5/6,3 kV do rozvodny R 22 kV a následně je výkon vyveden přes dva transformátory 22/110 kV a volným vedením typu „soudek“ do rozvodny R 110 kV Albrechtice.

Vzhledem k poměrně novému nákladnému zařízení a výzbroji rozvodny R22 kV je potřeba navrhnout a nastavit nejvhodnější a dnešním požadavkům nejvíce vyhovující chránění. Úkolem navržených ochran bude v případě poruchy na elektrickém zařízení zabránit vzniku poškození elektrického zařízení, ale také s maximální citlivostí a selektivitou odpojit pouze postižený úsek zařízení s minimálními dopady na spolehlivost dodávky tepla a elektrické energie zákazníkovi.

Pro navržení a nastavení takového systému chránění je potřeba teoretických znalostí a vědomostí, kterými se zabývá úvodní část této diplomové práce. Tato část je zaměřena na základní členění ochran, požadavky kladené na ochrany a technická data potřebná pro správný výpočet a nastavení parametrů.

Hlavní část diplomové práce obsahuje návrh ochran, jejich základní popis a popis ochranných funkcí. Na tento návrh navazuje část práce, která se zabývá již samotnými výpočty parametrů nastavení ochran s využitím znalostí maximálních třífázových a minimálních dvoufázových zkratových proudů.

Poslední část je věnována návrhu provozního předpisu pro kontroly a zkoušky ochran s doporučujícími termíny pro provozovatele k provádění těchto kontrol a zkoušek.

V závěru je pak shrnutí a zhodnocení této diplomové práce a její přínos pro provozovatele rozvodny R 22 kV. Výsledky výpočtů a nastavení parametrů ochran jednotlivých vývodů je součástí přehledné tabulky.

2 Popis rozvodny R22 kV Dalkia ČR, divize Karviná [3]

2.1 Charakteristika rozvodny

2.1.1 Všeobecně

Rozvodna R 22kV je vnitřní, klasická, kobková se dvěma systémy přípojníc v provedení dvoupodlažním, s dvěma podélnými spínači přípojníc a s dvěma spojkami sběren, stavební uspořádání ve dvou řadách, dvou místnostech, oddělených elektrovelínem. Rozvodna 22kV obsahuje 22 kobek.

Rozvodna je dimenzována na $I_{dyn} = 80 \text{ kA}$, $I_{th} = 31,5 \text{ kA}$. Přípojnice jsou dimenzovány na proud 1767A, přívodová pole na jmenovitý proud 1600A, příčné spojky přípojníc na 1600A, vývodová pole na 630A.

Hlavní přípojnice (pas Al 100/10) jsou vodorovného uspořádání, uchyceny na podpěrných izolátorech. Na podlaží +8,50m jsou dvě řady kobek se střední manipulační uličkou, které obsahují přípojnicové odpojovače, vypínače, přístrojové transformátory napětí a ovládací skříně. Kobky ve spodním podlaží na kótě +5,30m obsahují vývodové odpojovače, přístrojové transformátory proudu a kabelové koncovky. Propojení vn mezi přístroji v kobkách je provedeno plochými hliníkovými vodiči (pas Al 80/10 a Al 63/10 dle proudové zatížitelnosti). Ovládání odpojovačů a zemnicích nožů je prováděno pomocí elektropohonu napájeného zajištěným napětím 230 V AC.

Vybavené kobky obsahují :

- Vypínače - vakuové typu VD4, 25 kV, 50Hz s motorický pohonem, s dvěma vypínacími cívkami.
- Odpojovače - typu QAK, QAKZ, 25 kV, 50Hz s motorickým pohonem.
- Přístrojové transformátory proudu typu TTR, TSR, 25 kV, 50 Hz, x/5/5A případně TP64, 25 kV, 50Hz, x/5A.
- Přístrojové transformátory napětí typu TJP6, 25 kV, 50Hz.
- Ovládací skříně typu SOG60 + SO92 pro ovládání vypínačů a odpojovačů, měření proudů, napětí, signalizaci stavů a poruch a umístění ochran.
- Elektromechanické ochrany.

Mimo ovládací skříně rozvodny R 22kV jsou umístěny pouze ochrany generátoru MKA10 (TG5) + transformátoru BAT10 (T3), které jsou umístěny v rozvaděči ochran CHA01.

2.1.2 Schéma rozvodny

Viz příloha č.1 a č.2.

2.1.3 Ovládací skříně a ovládání rozvodny

Celkový počet ovládací skříní je 19, zbytek rozvodny tvoří nevybavené rezervy bez ovládacích skříní.

V ovládací skříní se nachází:

- Napájení pro motorový pohon a signalizaci stavů jednotlivých vypínačů, odpojovačů a zemnicích nožů kobky a měřících transformátorů proudu a napětí.

- Převodníky proudu napětí, výkonu, jalového výkonu a měřicí přístroje pro přímé měření proudu a napětí.
- Volicí přepínač "MÍSTNĚ", "DÁLKOVĚ".
- Ochrana příslušného vývodu.

V ovládacích skříních jsou dále vytvořeny blokové podmínky pro ovládání vývodu vazby na stávající rozvaděče elektrovelínu a vazby na řídicí systém MICROSCADA.

Jednotlivé spínací prvky rozvodny 22kV jsou za normálního provozu ovládány z řídicího systému Microscada tzn., že na ovládacích skříních jsou přepínače volby ovládání v poloze "DÁLKOVĚ". V případě potřeby např. při revizích, poruše řídicího systému a podobně je však možné každý vývod rozvodny R 22 kV ovládat z místa příslušného vývodu. Přepínač volby ovládání musí být v poloze "MÍSTNĚ" a zapínací povel na vypínač je vyslán přes tlačítko se zámkem a je možné jej zapnout pouze s vědomím, že se jedná o nesfázované zapnutí. Při takovéto manipulaci bere veškeré riziko vyplývající z tohoto zapínání manipulát na sebe.

Blokové podmínky manipulací jsou zajišťovány jak v rámci jednotlivých kobek, tak mezi jednotlivými kobkami klasickým kontaktním způsobem. Do řídicího systému jsou pak předávány informace umožňující zajistit tyto blokové podmínky i v řídicím systému a dále pak komplexně s ohledem na zapojení rozvodu 6kV, přívodů od 110kV a zapojení v hlavních obvodech nn.

2.1.4 Měření rozvodny R 22 kV

Přívody a vývody rozvodny 22kV jsou vybaveny jak měřicími transformátory proudu, tak měřicími transformátory napětí. Kobky měření jsou vybaveny pouze měřicími transformátory napětí a kobky příčných spínačů jsou vybaveny pouze měřicími transformátory proudu. Na ovládacích skříních jsou pak čelně umístěny přístroje pro přímé měření proudu a napětí. Do řídicího systému jsou pak přenášeny analogové signály proudu, napětí, činného a jalového výkonu z převodníků s výstupem 4-20 mA .

2.2 Popis stávajícího způsobu chránění

[3]

Rozvodna R 22 kV je vybavena těmito ochranami:

Nadproudová časová ochrana A3T – sestává se ze tří nadproudových článků a jednoho elektromagnetického článku. Při nadproudu uzavře nadproudové články zapojené v postižených fázích obvod časového článku. Časový článek uvede bez zpoždění v činnost pomocný kontakt a s nastaveným zpožděním hlavní kontakt, který způsobí vypnutí ovládaného vypínače. Klesne-li proud během nastavené doby pod hodnotu danou přídržným poměrem nastavení, nebo zmizí-li zkrat, vrátí se kotvy nadproudových článků a časového článku zpět, aniž by došlo k vypnutí vypínače. Časový článek se může ovládat jen stejnosměrným proudem. Kontakty časového článku jsou pouze zapínací. Převod jistících transformátorů proudu je nutné volit tak, aby přepočtený maximální proud, při němž má ochrana vypínat, byl v rozsahu $0,8 - 2 I_n$.

Nezávislá nadproudová časová ochrana RSZ3f – jedná se o výrobek firmy AEG a na rozdíl od ochrany A3T má každý nadproudový článek svůj vlastní kontakt, který spíná časové relé. Vnější zapojení je však shodné s ochranou A3T, včetně nastavení a seřízení prvků.

Rozdílová ochrana RS2J – jedná se o rozdílové jednofázové relé, obsahující dva články induktivní článek popudový a směrový článek stabilizační-rovněž indukční. Charakteristickou vlastností tohoto relé je, že při zkratech mimo chráněný objekt nemá směrový článek buď žádný moment, nebo má jen moment zavírací. Popudový článek je upraven tak, aby se proud mohl nastavit na 1,5; 2; 2,5; 3; 4 a 5 A. Časového zpoždění relé dosáhneme permanentními magnety, které působí na popudové články.

Podpěťová ochrana V3 – jedná se o třísystémové relé, které při nastavené hodnotě napětí sepne kontakty, čímž uvede v činnost obvykle časové relé, nastavené na další čas (řádově sekundy 5-108), které vyše popud požadované funkce. Relé se zapojuje na sekundární stranu jistících transformátorů napětí a ke své funkci nepotřebuje pomocné napětí.

Distanční ochrana D30 – ochrana je jednosystémová pracující s přepínáním na postižené fáze. K ochraně se dodává záběhová skříň a souprava přídatných odporů. Ochranu je možno použít jak pro izolované tak pro kompenzované sítě. Ke své správné funkci je nutné do ochrany přivést kromě proudu z proudových transformátorů také napětí 100V z měřících transformátorů napětí a pomocné stejnosměrné napětí 110V nebo 220V. Z údajů o impedanci vedení je nutné přes transformátory proudu a napětí přepočíst impedanci a nastavit příslušné stupně impedančního členu. Nejmenší chráněná impedance je $1,25/0,62\Omega /\text{fáze}$ resp. $0,25/0,12\Omega /\text{fáze}$. Rovněž je nutné nastavit strmost. Přesnost měření impedance není ovlivněna kolísáním frekvence zkratovým úhlem chráněného vedení ani nesinusovým průběhem napětí. Ochrana funguje spolehlivě při zkratových proudech v rozsahu až 1:20 ($I_{\text{kmin}} : I_{\text{kmax}}$).

Stabilizovaná rozdílová a nadproudová ochrana AR3T (PTP) – je složená ochrana, kde v jednom pouzdře je uspořádána trojfázová ochrana rozdílová a trojfázová nezávislá nadproudová ochrana časová. Rozdílová ochrana je stabilizována a pracuje s časovým zpožděním, tak aby nenastalo chybné působení ochrany nárazem magnetizačního proudu při zapnutí transformátoru. Oblast ochrany ohraničuje dvě soupravy měřících transformátorů proudu. Sekundární strany měřících transformátorů jsou spojeny pomocným vedením a do jejich obvodů jsou zapojeny stabilizační články rozdílové ochrany. Dosáhne-li vyrovnávací proud hodnoty nastavené na diferenciálním článku, uzavře se obvod pomocného relé, které aktivuje časový článek nebo bez zpoždění vypínací relé. Stabilizační články působí také jako články nadproudové. Při blokování rozdílové ochrany zapojí zároveň časový článek, ovládající svým časovým kontaktem vypínací relé. Nadproudová část ochrany je činná při poruchách, které nastávají vně obvodu určeného rozdílové ochraně a které způsobují nadměrné zatížení transformátoru a nevládne-li se tato porucha ochrannými zařízeními přímo postižených úseků rozvodny. V tomto případě působí ochrana jako nezávislá nadproudová ochrana časová.

V současné době se již žádná z výše uvedených ochranných zařízení nevyrábí a jedná se o ochrany značně morálně i fyzicky zastaralé a pro současné trendy chránění naprosto nepoužitelné.

Tabulka č. 1 – Tabulka stávajících ochran R 22 kV

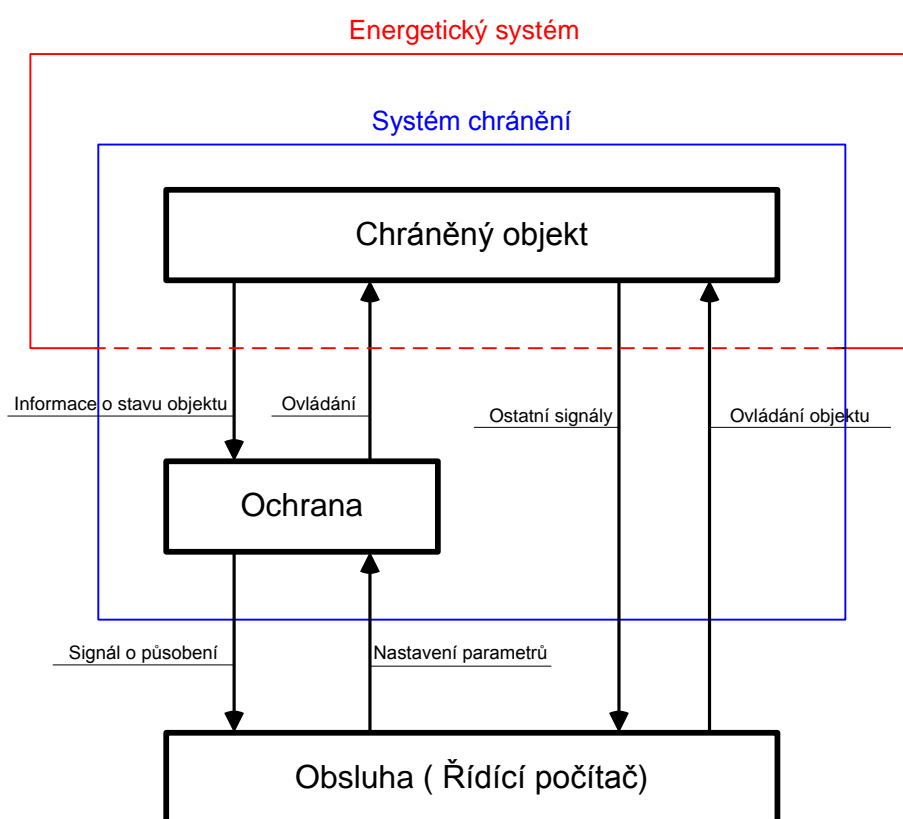
Číslo koby	Chráněné zařízení	Ochrana
BBA 01	Generátor TG5 50 MVA, (T3)	Soubor generátorových ochran REG 316
BBA 02	Vedení D 631	Distanční ochrana D30
BBA 03	Rezerva	
BBA 04	Vedení D 641	Distanční ochrana D30
BBA 05	Rezerva	
BBA 06	Spojka sběren	Nezávislá nadproudová ochrana RSZ 3f
BBA 07	Rezerva	
BBA 08	Rezerva	
		Nadproudová časová ochrana A3T, Nezávislá nadproudová ochrana RSZ 3f, Podpěťová ochrana V3
BBA 09	Transformátor T7, 6,3 MVA	
BBA 10	Měření	
		Nadproudová časová ochrana A3T, Nezávislá nadproudová ochrana RSZ 3f, Podpěťová ochrana V3
BBA 11	Transformátor T8, 6,3 MVA	
		Nezávislá nadproud. ochrana RSZ 3f, Rozdílová a nadproud. ochrana AR3T (PTP)
BBA 12	Transformátor T5, 40 MVA	
BBA 13	Podélná spojka	
		Nadproudová časová ochrana A3T, Nezávislá nadproudová ochrana RSZ 3f, Podpěťová ochrana V3
BBA 14	Transformátor T9, 6,3 MVA	
BBA 15	Rezerva	
		Nadproudová časová ochrana A3T, Nezávislá nadproudová ochrana RSZ 3f, Podpěťová ochrana V3
BBA 16	Transformátor T6, 6,3 MVA	
BBA 17	Měření	
BBA 18	Spojka sběren	Nezávislá nadproudová ochrana RSZ 3f
BBA 19	Rezerva	
BBA 20	Rezerva	
		Nezávislá nadproud. ochrana RSZ 3f, Rozdílová a nadproud. ochrana AR3T (PTP)
BBA 21	Transformátor T4, 50 MVA	
BBA 22	Vedení D 56	Distanční ochrana D30

3 Teorie chránění rozveden

[1], [2]

3.1 Základní pojmy

Ochrana: je zařízení, které kontroluje chod určité části energetické soustavy. Pomocí přístrojových transformátorů proudu a napětí popřípadě dalších čidel, získává informace o jednotlivých veličinách chráněného objektu. Ochrana zpracovává informace o chráněném objektu. Ochrana musí rozlišit, je-li chráněný objekt v mezích normálního provozu, nebo zda jde o poruchu. Do ochrany přivádíme měřený vstup chráněného objektu, z tohoto ochrana odvozuje stav chráněného objektu a vyhodnotí následně vektor, kterým působí zpětně na chráněný objekt.



Obrázek 1 - Vazba ochrany a chráněného objektu

Chráněný objekt: fyzikální zařízení, které přenáší energii v rámci svého okolí. Okamžitou funkci chráněného objektu lze určit pomocí stavových veličin. Stavová veličina je fyzikální veličina chráněného objektu (např. napětí, proud, okamžitý výkon, okamžitý kmitočet), jejíž velikost charakterizuje současné chování objektu. Ovládání objektu je soubor zařízení, přes které působí ochrana na objekt jako například na vypínač, odbuzovač, uzávěr páry apod. Porucha je taková fyzikální změna na objektu nebo veličinách, která způsobí, že stav objektu překročí meze normálního provozu.

3.2 Základní členy ochran

[1], [2]

Ochrana se skládá většinou z těchto základních členů:

3.2.1 Vstupní člen

Převádí vstupní veličiny nejčastěji proud a napětí na dále zpracovatelný tvar a úroveň. Jmenovité vstupní hodnoty ochran jsou 100V pro napětí, 5A a 1A pro proud nebo 150mV pro senzory. Tyto veličiny jsou přivedeny na svorky ochrany z přístrojových transformátorů napětí a proudu. Měřicí členy uvnitř ochrany pracují na úrovni voltů a miliampérů. Vstupní členy ochrany převádí vstupní veličiny na tyto úrovně pomocí bočníků, děličů a transformátorů. Transformátor, ať již proudový, nebo napěťový, navíc galvanicky odděluje obvody ochran od okolí. V některých případech má měřicí člen stejnosměrný vstupní signál. Potom vstupní člen obsahuje kromě již uvedených částí ještě usměrňovače. Zvláštní skupinu pak tvoří vstupní členy číslicových ochran. Jsou to převodníky A/D, které vzorkují a převádějí vstupní veličinu z analogového na číslicový tvar. Vstupní člen může obsahovat svodič přepětí a filtraci pro odstranění rušivých harmonických.

3.2.2 Popudový člen

Zajišťuje rozběh ochrany. V případě vzniku poruchy v energetické soustavě dává popud informaci o poruše logice a měřicímu členu ochrany. Musí mít vyšší citlivost než měřicí člen. Je nutné mít na zřeteli, že ne každá porucha má být odstraněna jedinou ochranou. O tom zda příslušná porucha patří do kompetence ochrany, rozhodne měřicí člen a logika. Popud zaručí pouze rozběh těchto obvodů. Na vstup popudu přichází ze vstupu stavová veličina. Popud se podstatně neliší od měřicího členu ani konstrukcí ani funkcí. Může mít obdobnou charakteristiku. Musí však platit, že popudový člen je citlivější než měřicí. Digitální ochrany mají většinou několik druhů popudů.

3.2.3 Logika

Zpracovává logický signál z popudu, dále určuje funkci měřicího členu a na základě signálu z měřicího členu určuje funkci koncového členu. Všechny vstupy a výstupy logiky lze vytvořit jako soustavu tří logických funkcí. A to součtu, součinu a negace. Pro realizaci logiky se užívají klasické relé, diody, tranzistory, integrované obvody, nebo software číslicového procesoru.

3.2.4 Měřicí člen

Je to nejdůležitější člen, od něhož se určují vlastnosti ochran. Rozhoduje o poruše chráněného objektu. Na jeho vstup je přiveden stav objektu. Měřicí člen určuje hranici charakteristiky ochrany mezi normálním stavem a poruchou. Většina vlastností ochrany je závislá na měřicím členu a jeho algoritmu. Je to především selektivita, citlivost a přesnost. Rozdíl mezi měřicím členem napěťové, proudové nebo kmitočtové ochrany není podstatný a všechny tyto tři členy měří amplitudu střídavé veličiny napětí a proudu.

3.2.5 Časový člen

Prodłużuje dobu působení ochrany. Vstupní signál do časového členu je přiváděn z logiky. Časový člen se používá především:

- **K zajištění selektivity** – zpoždění ochrana umožňuje funkci jiné ochrany, která je blíže k poruše.
- **Využití možné akumulace energie v objektu** – zpožděním může ochrana například dovolit přetížení, pokud toto přetížení neohrozí objekt.
- **Vyloučení chybného působení ochrany** – způsobeno přechodnou poruchou krátkého trvání.

3.2.6 Koncový člen

Koncovými členy ochran jsou nejčastěji pomocná relé s výkonovými kontakty. Na jejich vstup přichází signál z logiky. Smysl koncového členu je upravit signál logiky tak, aby byl schopen předání ovládacím zařízením objektu tj. musí mít dostatečně vysokou úroveň a snést vnější rušení. Kontakty výstupních obvodů koncového členu musí mít dostatečnou zatížitelnost. Signál koncového členu působí na vypínací cívku vypínače, nebo může provádět jen signalizaci stavu.

3.2.7 Napájecí člen

Napájení ochrany může být zajištěno několika způsoby:

- Ochrany bez napájení – nepotřebují pomocné napětí.
- Přímé napájení ze staniční baterie – nejpoužívanější.
- Napájení přes stabilizátor.
- Akumulátor umístěný v ochraně.
- Galvanické oddělení soustavou střídač – usměrňovač.
- Napájení z přístrojových transformátorů.

3.2.8 Filtry souměrných složek

Souměrné složky proudu anebo napětí jsou důležité stavové veličiny objektu. Podle jejich velikosti lze určit o jaký druh poruchy se jedná.

3.3 Rozdělení ochran

[1], [2]

3.3.1 Dělení ochran dle kritérií

Ochrany můžeme rozdělit podle různých kritérií.

Dle chráněného objektu

- | | |
|--------------------------|-------------|
| - generátoru | - motoru |
| - transformátoru | - přípojníc |
| - vedení | - odporníku |
| - kondenzátorové baterie | - kabelu |

Dle druhu poruchy

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| - zkratová | - na přetížení |
| - podpět'ová | - přepět'ová |
| - podfrekvenční | - nadfrekvenční |
| - při zemním spojení | - při nesouměrném toku výkonu |
| - při ztrátě buzení | - při nesouměrnosti |

Dle doby působení

- a) časově závislé
- b) časově polozávislé – kombinace s nezávislou ochranou
- c) časově nezávislé
- d) mžikové

ad a) **Závislá ochrana** – má charakteristiku definovanou takto:

$$t = \frac{K}{(i - i_{\infty})^n} \quad \text{pro } i > i_{\infty}; \quad t = \infty \quad \text{pro } i \leq i_{\infty}$$

ad b) **Polozávislá ochrana** – má charakteristiku definovanou takto:

$$t = \frac{K}{(i - i_{\infty})^n}$$

jen do velikosti proudu i_0 . Pro větší proudy $i > i_0$ už nezkracuje dobu působení.

ad c) **Nezávislá ochrana** – působí v nastaveném čase t_k při dosažení proudu i_k . Doba působení nezávisí na velikosti proudu.

ad d) **Mžiková ochrana** – v principu nezávislá ochrana, která působí při překročení nastaveného proudu i_k bez zpoždění.

Dle funkčního principu

- | | |
|---------------------|--------------|
| - proudová | - napěťová |
| - distanční | - rozdílová |
| - srovnávací | - wattová |
| - jalová | - frekvenční |
| - při nesouměrnosti | |

Dle konstrukce

- elektromechanické
- tranzistorové
- číslicové

Dle funkce

- základní (hlavní ochrana)
- záložní (nahrazuje funkci základní ochrany v případě jejího selhání)

Dle připojení k chráněnému objektu

- primární (ochrana, která pracuje bez přístrojových transformátorů)
- sekundární (ochrana je připojena k objektu přes přístrojové transformátory nebo senzory)

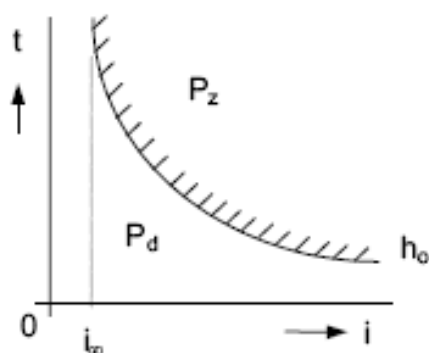
3.3.2 Druhy ochran

3.3.2.1 Nadproudová ochrana

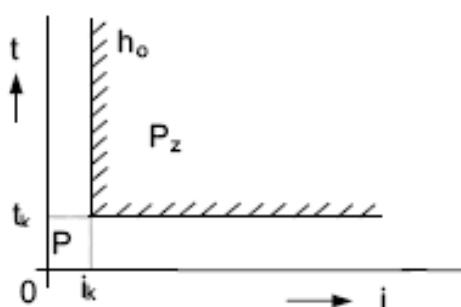
Nadproudová ochrana měří velikost proudu. Při zkratu nebo přetížení se zvětší proud a nadproudová ochrana působí. Její rovnice vyjadřuje závislost doby působení t na proudu i : $F(i, i_\infty, t) = 0$, kde i_∞ je trvale dovolený proud ($t = \infty$).

Nadproudové ochrany jsou používány hlavně pro svou jednoduchost. Jejich funkce není tak selektivní jako u ochran distančních rozdílových. Používají se u méně důležitých zařízení nebo jako ochrany záložní. Nejčastěji se používají jako zkratové ochrany, nebo ochrany proti přetížení.

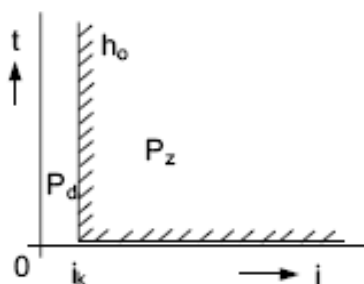
Podle časové závislosti rozeznáváme tyto nadproudové ochrany:



Obrázek 2 - Charakteristika nadproudové závislé ochrany



Obrázek 3 - Charakteristika nadproudové nezávislé ochrany



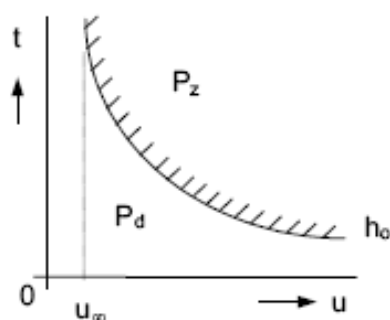
Obrázek 4 - Charakteristika mžikové nadproudové ochrany

3.3.2.2 Napět'ová ochrana

Napět'ová ochrana působí při vzrůstu nebo poklesu napětí. Její rovnice vyjadřuje závislost doby působení t na napětí u .

Platí vztah: $F(u, t) = 0$

Klasické napět'ové ochrany mají podobnou konstrukci jako ochrany proudové, liší se pouze impedancí měřicího článku.



Obrázek 5 - Charakteristika napět'ové ochrany

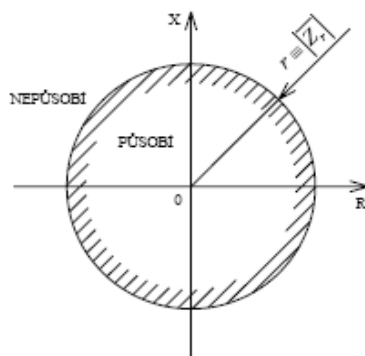
3.3.2.3 Distanční ochrana

Distanční ochrana využívá principu měření impedance zkratové smyčky. Ochrana měří velikost proudu i_k a napětí u_k v místě měření ochranou.

$$u_k = Z \cdot i_k$$

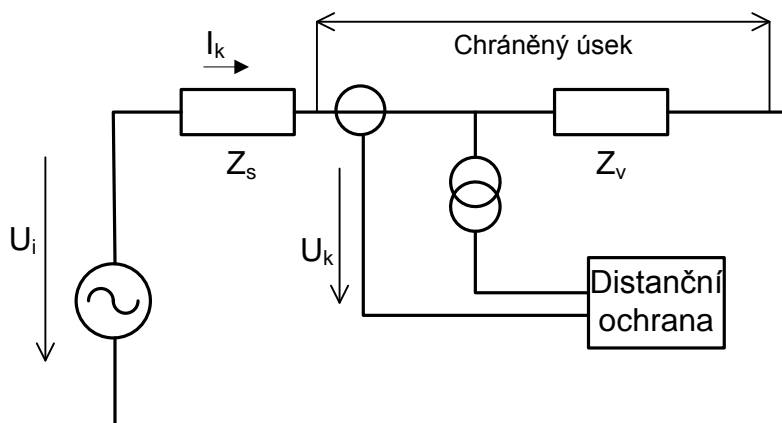
Rovnice distanční ochrany je potom $F(z) = 0$

Veličiny u_k a i_k jednoznačně určují impedanci zkratové smyčky a tím i vzdálenost poruchy na vedení. Na obrázku č. 6 je obecná charakteristika distanční ochrany v komplexní rovině z . V případě, že koncový bod fázoru impedance zkratové smyčky leží vně charakteristiky h_0 , ochrana nepůsobí. Rovnice ochrany se nejčastěji vyjadřuje implicitně: $F(z) = 0$



Obrázek 6 - Kruhová charakteristika distanční ochrany ve středové poloze

Distanční ochrana se nazývá proto, že zjišťuje impedanční vzdálenost zkratu a měří směr polohy zkratu. Její charakteristika umožňuje zálohovat sousední úseky. V základním úseku působí mžikově a v sousedních úsecích s časovým zpožděním.



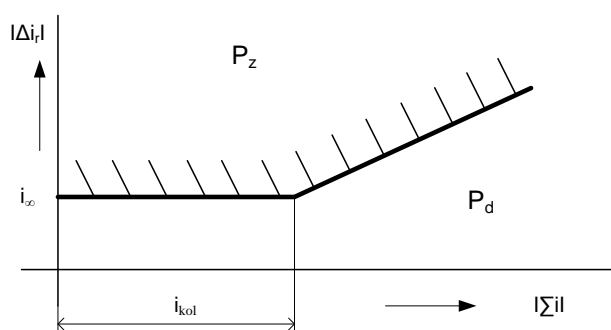
Obrázek 7 - Připojení distanční ochrany k chráněnému objektu

3.3.2.4 Rozdílová ochrana

Rozdílová ochrana určuje poruchu z rozdílu průchozích proudů objektu. V normální stavu platí :

$$\Delta i_r = \sum i_{vst} - \sum i_{výst} = 0$$

Při zvětšení rozdílového proudu nad hodnotu trvale dovoleného rozdílového proudu I_r ochrana působí. Při velkých průchozích proudech (zkrat mimo chráněný objekt) nezvětšuje vlivem nepřesností MTP rozdílový proud Δi_r , který by mohl způsobit chybné působení ochrany. Proto ochrana zmenšuje se vzrůstajícím proudem svojí citlivost.

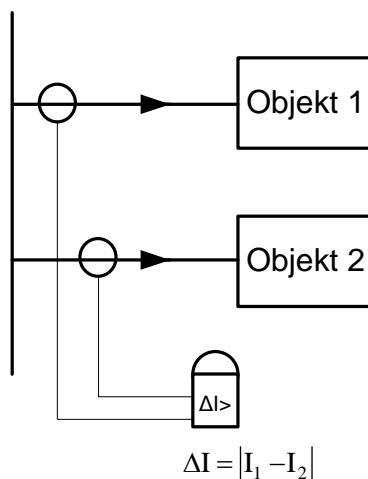


Obrázek 8 - Charakteristika rozdílové ochrany

Rozdílové ochrany dělíme na:

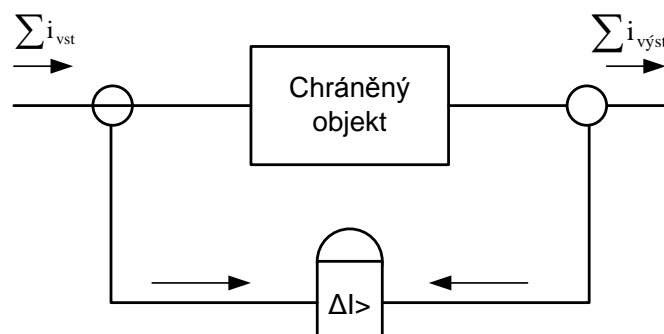
- příčné
- podélné

Příčná rozdílová ochrana srovnává proudy dvou shodných objektů, které pracují paralelně při shodných podmínkách. Mohou to být paralelní vedení, dva transformátory v paralelním provozu a podobně.



Obrázek 9 - Příčná rozdílová ochrana

Podélná rozdílová ochrana porovnává proudy na začátku a konci chráněného objektu. Oblast, kterou chrání je tedy vyhrazena jističími transformátory proudu na které připojena.



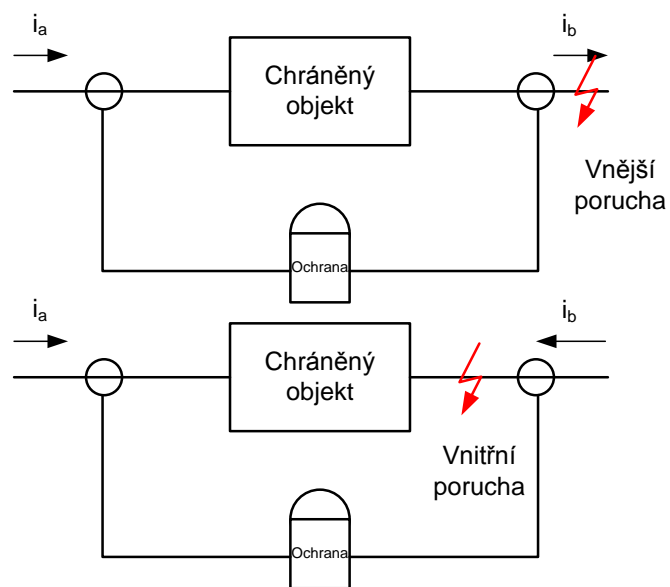
Obrázek 10 - Podélná rozdílová ochrana

3.3.2.5 Srovnávací ochrana

Srovnávací ochrana porovnává fázi vstupního a výstupního proudu chráněného objektu. Při normálním provozu nebo vnějším zkratu je fázový úhel proudů i_a i_b shodný.

Platí: $\arg i_a = \arg i_b$

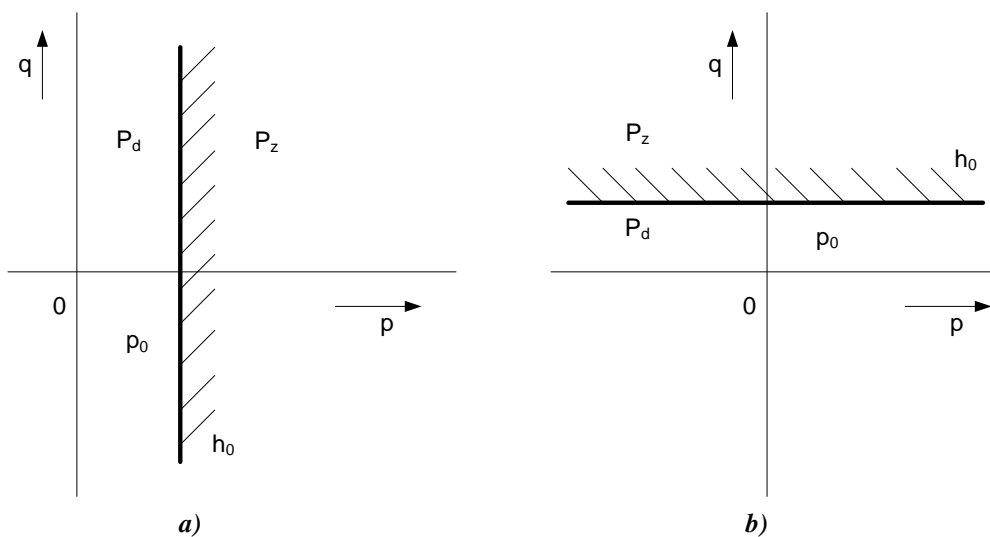
Dojde-li ke zkratu, obrátí se směr proudu a potom platí: $\arg i_a = \arg i_b + 180^\circ$



Obrázek 11 - Princip srovnávací ochrany

3.3.2.6 Wattová a jalová ochrana

Wattová a jalová ochrana působí při překročení nastavené hodnoty p_0 , nebo q_0 .



Obrázek 12 - Charakteristika a) wattové ochrany b) jalové ochrany

3.4 Požadavky kladené na ochrany

[1], [2]

Pro správnou funkci ochran a požadované zásady pro chránění elektrických zařízení klademe na ochranu několik požadavků. Jsou to především:

Spolehlivost funkce ochrany – je to pravděpodobnost, že ochrana vykoná požadovanou funkci za daných podmínek a v daném časovém intervalu, tzn. že nebude ani v poruše a ani nebude nadbytečně působit.

Odolnost ochrany při rušení – v energetickém provozu se vyskytuje mnoho vlivů, které mohou ochranu poškodit. Je to především prашné prostředí, obsah agresivních plynů v ovzduší elektrárny, otřesy, magnetická a elektrická pole při zkratech apod.

Rychlost ochrany – je dána dobou působení ochrany. Rychlost ochrany snižuje míru rizika poškození chráněného objektu. Rychlé vypnutí poruchy zvětšuje stabilitu soustavy.

Citlivost ochrany – velikost stavové veličiny, na kterou je ochrana nařízena a při které působí.

Přesnost ochrany – poměrná chyba citlivosti ochrany vyjádřena v procentech.

Nařiditelnost ochrany – rozsah všech hodnot měřené nebo stavové veličiny, na které lze nastavit citlivost ochrany.

Přídržný poměr ochrany – poměr velikosti stavové veličiny při návratu ochrany k velikosti stavové veličiny při rozběhu ochrany.

Rozlišovací schopnost – schopnost ochrany rozeznat dva blízké stavy objektu, které se liší o Δx , z nichž jeden je poruchový a druhý ne. Minimální velikost Δx , kterou ochrana rozliší, nazýváme rozlišovací schopností ochrany.

Doba působení ochrany – časový úsek mezi vznikem poruchy a signálem na výstupu ochrany.

Přetížitelnost ochrany – maximální velikost vstupní veličiny, která působí definovanou dobou a ještě neohroží životnost ochrany.

Spotřeba ochrany – příkon potřebný pro provoz ochrany. Spotřeba je udána samostatně pro vstupy ochrany a pro pomocné napájecí obvody ochrany.

Absolutní chyba – definována jako rozdíl mezi naměřenou a skutečnou hodnotou.

Zálohování ochrany – v případě poruchy hlavní ochrany je třeba zajistit vypnutí poruchy ochranou záložní. Ty mohou být:

- a) *Místní záložní ochrany* pracují na jiném principu než ochrany hlavní, mají samostatné napájení, vypínací obvod a měření v jiném místě než hlavní ochrana.

- b) *Vzdálené záložní ochrany* pracují na stejném principu jako hlavní ochrany, mají mít stejnou charakteristiku. Ochrana působí ve stejném úseku jako hlavní, v následujících úsecích jako záložní.

Pro chránění zvláště důležitých částí elektrizační soustavy se doporučuje použít dvě hlavní ochrany. U záložní ochrany se připouští nižší kvalita chránění, než jakou poskytuje základní ochrana.

Selektivita ochran – je to schopnost ochrany nepůsobit mimo objekt nebo na poruchy dané stavovou veličinou, na kterou ochrana nesmí působit. Vypíná se takto co nejmenší úsek elektrizační soustavy postižené poruchou, čímž se zmenšuje pravděpodobnost ztráty stability soustavy. Selektivitu lze zajistit následujícími způsoby:

- Časovým odstupňováním vypínacích časů
- Odstupňováním hodnoty nastavené veličiny
- Měřením více veličin současně
- Měřením veličiny na více místech
- Směrovým nastavením ochran

3.5 Základní úkoly chránění

[1], [2]

Základním úkolem chránění elektrických zařízení je zabezpečit, aby nedošlo k takovému oteplení elektrického zařízení, které by toto zařízení poškodilo. Oteplení elektrického zařízení můžeme rozdělit do dvou skupin a to na oteplení zařízení, díky kterému dochází k předčasnému stárnutí izolace a na oteplení, při kterém již dochází k trvalému poškození izolace s následkem destrukce zařízení. První případ nastává při tepelném přetěžování zařízení a druhý případ se vyskytuje v případě elektrického zkratu na zařízení. Na elektrické zařízení však nepůsobí jen procházející proud, ale také okolí. Vliv okolí je velmi významný a může zařízení ještě více oteplovat nebo naopak ochlazovat. Stejně důležitý je vliv elektrického zařízení na okolí a to z pohledu, jak elektrické zařízení svým působením negativně ovlivňuje okolí (oteplování, požár, iniciace výbuchu, rušení apod.) Z tohoto důvodu musíme mít při navrhování chránění co nejpodrobnější informace o chráněném zařízení a o prostředí, ve kterém se toto zařízení nachází. Pokud jsou tyto informace neúplné, musíme uvažovat o přísnějším posouzení vlivu okolí na elektrické zařízení a naopak.

Pro návrh a výpočet ochran potřebujeme rovněž znát informace o způsobu provozování zařízení a dopadech při jeho odstavení.

Pro výpočet chránění potřebujeme informace o způsobu provozu zařízení. To znamená, že musíme vědět zda zařízení, které budeme chránit bude trvale v provozu, nebo bude sloužit jako rezerva, popřípadě bude v provozu jen po dobu výstavby. Dále je nutné pochopit a aplikovat filozofii chránění, neboť v každém odvětví průmyslu a energetiky jsou odlišné priority a jiné zvyklosti při chránění. Jiný pohled z hlediska chránění musíme mít na zařízení, které je zcela nové a jiný na zařízení několik desítek let staré, které je již svým provozem nějakým způsobem poznamenáno např. přetěžováním, špatným stavem izolace a podobně. Velmi podstatné jsou i informace o stávajícím systému chránění do kterých patří nastavení ochran v systému nadřazených a podřízených rozvodů.

3.6 Poruchové stavy

[1], [2]

V elektrizační soustavě se mohou vyskytnout tyto základní poruchové stavy, které ohrožují provoz jednotlivých prvků či celé soustavy:

Zkrat – vzájemné spojení dvou nebo tří fází, popřípadě spojení jedné fáze se zemí v síti s přímo uzemněným uzlem, nebo nepřímo uzemněným uzlem pomocí rezistoru. Důsledkem zkratu může být tepelné i silové namáhání elektrických vedení, spotřebičů i ostatních rozvodných zařízení, nebo pokles napětí nepřímo úměrný elektrické vzdálenosti od místa zkratu. Zkrat může být způsoben únavou izolace, vlivem počasí, mechanickým poškozením zařízení nebo také špatnou manipulací obsluhy. Snížení činného výkonu v důsledku zkratu může vést ke ztrátě stability synchronních generátorů, asynchronnímu chodu elektrizační soustavy a k jejímu případnému rozpadu.

Zemní spojení – galvanické spojení jedné fáze se zemí v síti s izolovaným uzlem, popřípadě v síti s nepřímo uzemněným uzlem přes zhášecí tlumivku. Důsledkem vzniku zemního spojení je při přerušovaném zemním spojení vznik nebezpečných přepětí, nebo zvýšené nebezpečí vzniku následného zkratu.

Přetížení – průchod příliš velké energie zařízením, zatěžování vodičů a elektrických zařízení proudem vyšším, než je dovolené zatížení zařízení. Důsledkem vzniku přepětí je pak zvýšené tepelné namáhání a urychlení stárnutí izolace. Krátkodobé přetížení nemusí být nebezpečné, dlouhodobé přetížení je nebezpečné vždy.

Přepětí – dělíme na atmosférická a provozní.

Atmosférická vznikají úderem blesku do vedení nebo do nekrytých částí elektrických zařízení. Mohou vzniknout také indukci při úderu blesku v blízkosti vodičů nebo jiných částí rozvodného zařízení.

Provozní přepětí jsou způsobena spínacími pochody v obvodech s velkou indukčností nebo kapacitami vznikající např. při odepínání zkratů, při přerušovaném zemním spojení apod.

Důsledkem přepětí bývá poškození a stárnutí izolace, přídavné ztráty, zvýšené nebezpečí poškození izolace a tím vzniku zkratu.

Podpětí – při konstantním odebíraném výkonu dochází v důsledku podpětí k proudovému přetížení. Podpětí může být způsobeno nedostatečnou kompenzací, přetížením nebo poruchou regulace napětí. Důsledkem vzniku podpětí bývá vznik proudového přetížení nebo výpadek točivých strojů.

Nesouměrné zatížení – provozní stav, při kterém jsou jednotlivé fáze statoru alternátoru zatěžovány různým proudem. V důsledku toho vzniká zpětná složka proudu i_2 , která vytváří magnetické pole otáčející se dvojnásobnou úhlovou rychlostí rotoru v opačném smyslu. V rotoru se indukují vířivé proudy, jejichž průchodem se může rotor nebezpečně zahřívat. Nesouměrnost zatížení může být způsobena přerušením některé fáze nebo nesouměrností zátěže. Důsledkem vzniku nesouměrného zatížení je pak přehřívání stroje.

Zvýšení kmitočtu – bývá způsobeno poruchou regulace výkonu. Důsledkem zvýšení kmitočtu je pak mechanické působení na chráněné zařízení i na připojené stroje.

Snížení kmitočtu – dochází k němu přetížením zdrojů energie v síti. Důsledkem snížení kmitočtu je zvětšení magnetizačních proudů a tím ke zvětšení ztrát a oteplení.

Zpětný tok výkonu – je způsoben ztrátou výkonu pohonu nebo špatnou energetickou bilancí sítě.

3.7 Technická data pro výpočet nastavení ochran

[1], [4]

3.7.1 Data nutná pro výpočet nastavení ochran

Základem výpočtu nastavení ochran jsou co nejpresnější vstupní údaje. I když se budou některé požadavky zdát zbytečné, jsou nutné pro dopřesnění oteplovacích charakteristik apod. Každý výrobce má svá specifika a podle výrobce se dá vyhledat výrobek v katalogu a získat tak další potřebné údaje. Pro výpočet nastavení ochran potřebujeme znát tyto údaje:

Zkratové poměry – zkratové poměry na přípojnicí vstupní rozvodny:

- maximální S''_{k3max} – nebo I''_{k3max}
- minimální S''_{k3min} – nebo I''_{k3min}

Vedení - volná vedení:

- typ vodiče (např. AlFe6)
- průřez vodiče [mm^2]
- délka vedení [km]
- způsob provozování

Vedení - kabelová vedení:

- typ vodiče (např. 6ANKTOPV)
- průřez vodiče [mm^2]
- délka vedení [km]
- počet kabelů na fázi
- u jednofázových kabelů uspořádání (vedle sebe nebo do svazku)
- uložení kabelů (v zemi, na lávce apod.)
- způsob provozování

Transformátory:

- výrobce transformátoru
- typ transformátoru
- jmenovitý výkon – S_n [MVA]
- jmenovitá napětí jednotlivých vinutí U_n [kV]
- počet odboček
- napětí nakrátko – u_k [%]

- skupinu zapojení vinutí
- ztráty naprázdno – P_o [kW]
- ztráty nakrátko – P_k [kW]
- způsob uzemnění nuly transformátoru (přímo, rezistor, tlumivka)
- způsob provozování transformátoru
- způsob odlehčování zátěže
- měření teploty (signalizace nebo vypnutí)
- zapínací ráz transformátoru (pokud je znám)
- v případě použití nádobové ochrany – data průvlakového měřicího transformátoru
- způsob jištění transformátoru (např. u transformátoru vn/nn, kdy počítáme jen stranu vn, nás musí zajímat, jak je transformátor chráněn na straně nn, jestli má jistič, ochranu nebo pojistku)
- okolní teplota transformátoru

Druh soustavy vn:

- izolovaná, přímo uzemněná, nepřímo uzemněná pomocí tlumivky, nepřímo uzemněná pomocí odporníku)

Pro výpočet nastavení zemních ochran:

- u kabelových vedení musíme znát typ kabelu, jeho průřez, počet paralelních kabelů a jejich délky
- u volných vedení uvést typ a délku

U měřicích transformátorů proudu potřebujeme znát:

- štítkové údaje MTP, včetně vnitřního odporu MTP
- délku a typ kabelu včetně průřezu kabelu mezi MTP a ochranou
- počet ochran připojeno na vinutí určeno pro ochrany

U chráněné energetické soustavy potřebujeme znát:

- nastavení stávajících ochran v soustavě nad a pod chráněnou soustavou včetně typu ochran
- zda je v napájecí soustavě použito opětného zapínání a jeho nastavení (zjistíme u provozovatele nadřazené soustavy)
- jednopólové schéma celé chráněné soustavy včetně zkrslení provozního stavu
- typ vypínačů použitých v chráněné soustavě a dobu jejich vypnutí

3.7.2 Postup při výpočtu maximálního třífázového zkratového proudu

Maximální třífázový zkratový proud I_{k3max} potřebujeme znát pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu pro kontrolu zařízení na oteplení. Pro výpočet maximálního zkratového proudu uvažujeme konfiguraci rozveden klasického provozního zapojení, kdy provoz závodu je provozován na maximální výkon, dále příspěvky asynchronních motorů a v neposlední řadě příspěvek z nadřazené soustavy.

Při výpočtu zkratových proudů je nutno dodržet určitý postup:

- Stanovení impedance (reaktance, činné odpory) jednotlivých prvků zkratového obvodu.
- Sestavení náhradního schématu, postupné zjednodušení, určení výsledné impedance zkratového obvodu.
- Výpočet zkratového proudu.

Pro výpočet zkratových proudů využíváme buď metody výpočtů hodnot v poměrných jednotkách, nebo pomocí skutečných hodnot prvků udaných v Ohmech. Tento výpočet vychází přímo z Ohmova zákona, kde impedance, reaktance atd. se uvažují v ohmech. Hodnoty prvků musíme přepočítat na hladinu zkratu.

Pro jednotlivé prvky platí zásady:

- Při výpočtu se předpokládá, že parametry prvků el.soustavy se během zkratu nemění.
- Soustava před zkratem se předpokládá symetrická.
- Předpokládá se, že zkraty vznikají v jednom místě a současně.
- Neuvažuje se vliv el.oblouku na velikost zkratového proudu.
- Zdrojem zkratového proudu jsou:
 - a) synchronní motory, alternátory
 - b) synchronní motory
 - c) nadřazená síť zahrnující synchronní stroje elektricky vzdálené od místa zkratu

Vzorce pro výpočet sousledných parametrů prvků v poměrných hodnotách dle ČSN 33 3020

Při výpočtu v poměrných hodnotách volíme vhodně vztažný výkon S_v . Vztažné napětí U_v je napětí v místě zkratu.

Soustava:

$$z_{(I)} = \frac{c \cdot I_v}{I_k''} = \frac{c \cdot S_v}{S_k} \quad (-; -, kA, kA, MVA, MVA) \quad (3.1)$$

Alternátor:

$$x_{(I)} = \frac{x_d'' \cdot S_v}{100 \cdot S_{nG}} \quad (-; \%, MVA, MVA) \quad (3.2)$$

Reaktor:

$$x_{(I)} = \frac{u_k \cdot S_v}{100 \cdot S_R} \quad (-; \%, MVA, MVA) \quad (3.3)$$

Transformátor (dvouvínutový):

$$z_{(I)} = \frac{u_k \cdot S_v}{100 \cdot S_{nT}} \quad (-; \%, MVA, MVA) \quad (3.4)$$

Vedení:

$$\begin{aligned} x_{(I)} &= X_k \cdot l \cdot \frac{S_v}{U_s^2} & (-; \Omega \cdot km^{-1}, km, MVA, kV) \\ r_{(I)} &= R_k \cdot l \cdot \frac{S_v}{U_s^2} & (-; \Omega \cdot km^{-1}, km, MVA, kV) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Asynchronní motor:

$$x_{(I)} = \frac{S_v}{i_z \cdot S_{nM}} \quad (-; MVA, -, MVA) \quad (3.6)$$

Vliv asynchronních motorů lze zanedbat v sítích nn nebo pokud jsou od místa zkratu odděleny dvojí transformací.

Třívlnutový transformátor:

$$\begin{aligned} x_{A(1)} &= \frac{1}{2} \cdot (u_{AB} + u_{AC} - u_{BC}) \cdot \frac{S_v}{100 \cdot S_{nT}} \\ x_{A(1)} &= \frac{1}{2} \cdot (u_{AB} + u_{BC} - u_{AC}) \cdot \frac{S_v}{100 \cdot S_{nT}} \quad (-; \%, MVA, MVA) \\ x_{A(1)} &= \frac{1}{2} \cdot (u_{AC} + u_{BC} - u_{AB}) \cdot \frac{S_v}{100 \cdot S_{nT}} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Výpočet zkratových proudů v poměrných jednotkách

Počáteční rázový zkratový proud I''_{k3} při trojfázovém zkratu:

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot I_v}{|\bar{Z}_{(1)}|} \quad (kA; -, kA, -) \quad (3.8)$$

Počáteční rázový zkratový proud I''_{k2} při dvoufázovém zkratu:

$$I''_{k2} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot I_v}{|\bar{Z}_{(1)} + \bar{Z}_{(2)}|} \quad (kA; -, kA, -, -) \quad (3.9)$$

Počáteční rázový zkratový proud I''_{k1} při jednofázovém zkratu:

$$I''_{k1} = \frac{c \cdot 3 \cdot I_v}{|\bar{Z}_{(1)} + \bar{Z}_{(2)} + \bar{Z}_{(0)}|} \quad (kA; -, kA, -, -) \quad (3.10)$$

Pro vztažený proud platí vztah:

$$I_v = \frac{S_v}{\sqrt{3} \cdot U_v} \quad (kA; MVA, kV) \quad (3.11)$$

Vzorce pro výpočet sousledných parametrů prvků ve skutečných hodnotách udaných v ohmech dle ČSN 33 3020

Soustava:

$$Z_{(i)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k''} = \frac{c \cdot U_n^2}{S_k} \quad (\Omega; -, kV, kA, MVA) \quad (3.12)$$

Alternátor:

$$X_{(I)} = \frac{x_d'' \cdot U_{nG}^2}{100 \cdot S_{nG}} \quad (\Omega; \%, KV, MVA) \quad (3.13)$$

Reaktor:

$$X_{(I)} = \frac{10 \cdot u_R \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_n} \quad (\Omega; \%, kV, A) \quad (3.14)$$

Transformátor (dvouvintuřový):

$$Z_{(I)} = \frac{u_k \cdot U_{nT}^2}{100 \cdot S_{nT}} \quad (\Omega; \%, kV, MVA) \quad (3.15)$$

Vedení:

$$\begin{aligned} X_{(I)} &= X_k \cdot l & (\Omega; \Omega \cdot km^{-1}, km) \\ R_{(I)} &= R_k \cdot l & (\Omega; \Omega \cdot km^{-1}, km) \end{aligned} \quad (3.16)$$

Asynchronní motor:

$$X_{(I)} = \frac{U_{nM}^2}{i_z \cdot S_{nM}} \quad (\Omega; kV, -, MVA) \quad (3.17)$$

Parametry jednotlivých prvků musíme přepočítat na napěťovou hladinu v místě zkratu podle vztahu:

$$Z_2 = Z_1 \cdot \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 \quad (\Omega; \Omega, kV, kV) \quad (3.18)$$

Z_2 - impedance přepočtena na napěťovou hladinu U_2 v místě zkratu

Z_1 - impedance na napěťové hladině U_1

Výpočet zkratových proudů ve fyzikálních jednotkách

Počáteční rázový zkratový proud I_{k3}'' při trojfázovém zkratu:

$$I_{k3}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |\bar{Z}_{(1)}|} \quad (kA; -, kV, \Omega) \quad (3.19)$$

Počáteční rázový zkratový proud I_{k2}'' při dvoufázovém zkratu:

$$I_{k2}'' = \frac{c \cdot U_n}{|\bar{Z}_{(1)} + \bar{Z}_{(2)}|} \quad (kA; -, kV, \Omega) \quad (3.20)$$

Počáteční rázový zkratový proud I''_{k1} při jednofázovém zkratu:

$$I''_{k1} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{\left| \bar{Z}_{(1)} + \bar{Z}_{(2)} + \bar{Z}_{(0)} \right|} \quad (\text{kA}; -, \text{kV}, \Omega) \quad (3.21)$$

c - napěťový činitel

U_n - jmenovité sdružené napětí sítě v místě zkratu

$Z_{(1)}$ - výsledná sousledná impedance zkratového obvodu

$Z_{(2)}$ - výsledná zpětná impedance zkratového obvodu

$Z_{(0)}$ - výsledná nulová impedance zkratového obvodu

Tabulka č. 2 – Určení napěťového činitele

Zkrat v soustavě	c_{\max}	c_{\min}
nn	1,00	0,95
vn, 110 kV, 220 kV	1,10	1,00
400 kV, 750 kV	1,05	1,00

Výpočet nulových (netočivých) parametrů prvků

Soustava:

$$X_{(0)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{3}{I''_{k1}} - \frac{2}{I''_{k3}} \right) \quad (\Omega; -, \text{kV}, \text{kA}, \text{kA}) \quad (3.22)$$

Alternátor:

$X_{(0)}$ udává výrobce

Reaktor:

$$X_{(0)} = X_{(1)}$$

Transformátor:

$$X_{(0)} = 0,85 \cdot X_{(1)} \quad \text{pro jádrové transformátory}$$

$$X_{(0)} = X_{(1)} \quad \text{pro plášťové transformátory}$$

Vedení:

$$X_{(0)} = (2 \div 5,8) \cdot X_{(1)} \quad \text{podle napětí a druhu vedení}$$

3.7.3 Postup při výpočtu minimálního třífázového zkratového proudu

Z minimálního třífázového zkratového proudu $I''_{k3\min}$ se následně vypočítá minimální dvoufázový zkratový proud, který potřebujeme pro výpočet nastavení proudu zkratových ochran tak, aby vypnuly již při nejmenším možném zkratovém proudu a spolehlivě chránily zařízení před účinky zkratu.

$$I''_{k2\min} = I''_{k3\min} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad [\text{kA}] \quad (3.23)$$

Pro výpočet minimálního třífázového zkratového proudu uvažujeme konfiguraci rozvodu v klasické provozním zapojení bez příspěvků generátorů a asynchronních motorů, pouze s příspěvkem minimálního zkratového výkonu z nadřazené soustavy získaného od provozovatele nadřazené soustavy.

$$I''_{\text{kmin3f}} = \frac{c \cdot U_{\text{zkratu}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\text{cmin}}} \quad [\text{kA}] \quad (3.24)$$

3.7.4 Výpočet dovoleného oteplení kabelů při zkratu

Výpočet dovoleného oteplení kabelů při zkratu se provádí pro kontrolu časového nastavení zkratových ochran. Hodnota T_{max} z tabulky č.1 je nejdelší možný čas, pro který může být ochrana nastavena. Z této hodnoty času T_{max} pak musíme odečíst čas vypínače. Pro časové nastavení ochrany pak bude platit:

$$t_{\text{ochrany}} \leq t_{\text{max}} - t_{\text{vypínače}}$$

Při výpočtu vycházíme ze vzorce:

$$t_{\text{max}} = \left(\frac{K \cdot S}{I_{\text{ke}}} \right)^2 \quad [\text{s}; -, \text{mm}^2, \text{A}] \quad (3.25)$$

Tabulka č. 3 – Koeficient K pro výpočet oteplení při zkratu

115	pro Cu vodiče s izolací PVC, pro průřezy menší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 70°C
100	pro Cu vodiče s izolací PVC, pro průřezy menší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 90°C
103	pro Cu vodiče s izolací PVC, pro průřezy větší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 70°C
86	pro Cu vodiče s izolací PVC, pro průřezy větší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 90°C
76	pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy menší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 70°C
66	pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy menší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 90°C
68	pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy větší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 70°C
57	pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy větší než 300 mm ² , při počáteční teplotě 90°C
143	Pro Cu vodiče s izolací ze síťovaného polyetylénu
94	Pro Al vodiče s izolací ze síťovaného polyetylénu

Ekvivalentní oteplovací proud I_{ke} vypočítáme:

$$I_{\text{ke}} = I_{\text{k3max}} \cdot 1,02 \quad [\text{kA}]$$

Příklad výpočtu:

$$I_{\text{k3max}} = 22,299 \text{ kA} \Rightarrow I_{\text{ke}} = 22,299 \cdot 1,02 = 22,744 \text{ kA} = 22744 \text{ A}$$

$$k = 76$$

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$t_{\text{max}} = \left(\frac{K \cdot S}{I_{\text{ke}}} \right)^2 = \left(\frac{76 \cdot 120}{22744} \right)^2 = \underline{\underline{0,16 \text{ s}}}$$

4 Návrh elektrických ochran

Vzhledem k současnému stavu chránění rozvoden vlastní spotřeby 6 kV, kde jsou použity ochrany firmy ABB typu SPA, požadavku provozovatele a nasazeném řídicím systému Microscada bude použito k chránění rozvodny R 22 kV na závodě TKV digitálních ochran řady REF 54_, RET 316 pro chránění transformátoru T3 pracujícího v bloku s turbogenerátorem TG5 a rozdílové ochrany SPAD 346.

4.1 Ochrana REF 54_

[5]

4.1.1 Základní popis

Terminály vývodového pole REF 541, REF 543 a REF 545 jsou určeny k selektivnímu chránění při zkratech a zemních poruchách, ovládání, měření, monitorování a ke kontrole vývodů v sítích vysokého napětí. Terminál vývodového pole REF 54_, který je vybaven nadproudovou a zemní ochrannou funkcí, se používá pro chránění vývodu v účinně nebo rezonančně uzemněných sítích i v sítích s izolovaným nulovým bodem a disponuje zkratovou, časově zpožděnou i zemní ochranou. Je-li v aplikaci po vypnutí požadováno automatické opětné zapnutí vývodu, je tento požadavek splněn funkcí automatického opětného zapnutí. Touto funkcí lze uskutečnit až pět po sobě následujících cyklů automatického opětného zapnutí.

Tyto terminály lze použít pro různé typy rozvoden, které jsou vybaveny jednoduchou i dvojitou přípojnici. Terminály je možné použít i pro zdvojené systémy.

Prostřednictvím grafického HMI displeje jsou ovládacími funkcemi terminálu vývodového pole místně indikovány stavy odpojovačů nebo vypínačů. Terminál vývodového pole kromě toho umožňuje tyto informace o stavech vypínačů a odpojovačů přenášet na systém dálkového řízení. Ovladatelné objekty, jako například vypínače, je také možné systémem dálkového řízení vypínat i zapínat. Stavové informace a ovládací signály jsou přenášeny prostřednictvím sériové sběrnice. Objekty je také možné ovládat místně tlačítky na čelním panelu terminálu vývodového pole.

4.1.2 Funkce terminálu vývodového pole

Funkce terminálu vývodového pole REF 54_ jsou rozděleny do následujících kategorií:

- Ochranné funkce
- Měřicí funkce
- Funkce měření kvality energie
- Řídicí/ovládací funkce
- Funkce monitorující provozní podmínky
- Komunikační funkce
- Univerzální funkce
- Standardní funkce

4.1.2.1 Ochranné funkce

Ochranné funkce jsou jedněmi z nejdůležitějších funkcí terminálu vývodového pole REF 54_. Proudové ochranné funkce je možné použít jak s Rogowského cívkami, tak s běžnými transformátory

proudu. Obdobně je možné použít napět'ové ochranné funkce buď s napět'ovými děliči, nebo s běžnými transformátory napětí.

Tabulka č. 4 – Ochranné funkce dostupné v terminálu RE 54_

Funkce	Číslo ANSI	IEC symbol	Popis
AR5Func	79	O→I	Funkce automatického opětného zapnutí (5 cyklů)
CUB1Cap	51NC-1	dI>C	Ochrana při proudové nevyváženosti paralelních kondenzátorových baterií
CUB3Cap	51NC-2	3dI>C	Třířázová ochrana při proudové nevyváženosti paralelních kondenzátorových baterií zapojených do "H-můstku"
CUB3Low	46	Iub>	Ochrana při fázové nevyváženosti
DEF2Low	67N-1	Io>→	Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti
DEF2High	67N-2	Io>>→	Směrová zemní ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti
DEF2Inst	67N-3	Io>>>→	Směrová zemní ochrana, mžikový stupeň
DOC6Low	67-1	3I>→	Třířázová směrová nadpr. ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti
DOC6High	67-2	3I>>→	Třířázová směrová nadpr. ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti
DOC6Inst	67-3	3I>>>→	Třířázová směrová nadproudová ochrana, mžikový stupeň
FLOC 4)	21FL	FLOC	Lokátor poruchy
Freq1St1	81-1	f1	Podfrekvenční nebo nadfrekvenční ochrana, stupeň 1
Freq1St2	81-2	f2	Podfrekvenční nebo nadfrekvenční ochrana, stupeň 2
Freq1St3	81-3	f3	Podfrekvenční nebo nadfrekvenční ochrana, stupeň 3
Freq1St4	81-4	f4	Podfrekvenční nebo nadfrekvenční ochrana, stupeň 4
Freq1St5	81-5	f5	Podfrekvenční nebo nadfrekvenční ochrana, stupeň 5
FuseFail	60	FUSE	Kontrolní funkce poruchy pojistek (jištění)
Inrush3	68	3I2f>	Třířázový detektor zapínacího proudu transformátoru a rozběhu motoru
MotStart	48	Is2t n<	Třířázová funkce kontroly rozběhu motoru
NEF1Low	51N-1	Io>	Nesměrová zemní ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti
NEF1High	51N-2	Io>>	Nesměrová zemní ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti
NEF1Inst	51N-3	Io>>>	Nesměrová zemní ochrana, mžikový stupeň
NOC3Low	51-1	3I>	Třířázová nesměrová nadpr. ochr., stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti
NOC3High	51-2	3I>>	Třířázová nesměrová nadpr. ochr., stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti
NOC3Inst	51-3	3I>>>	Třířázová nesměrová nadproudová ochrana, mžikový stupeň
OL3Cap	51C	3I>3I<	Třířázová ochrana proti přetížení paralelních kondenzátorových baterií
OV3Low	59-1	3U>	Třířázová přepět'ová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti
OV3High	59-2	3U>>	Třířázová přepět'ová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti
PSV3St1	47-1	U1U2<>_1	Ochrana vyhodnocující souslednou a zpětnou složku napětí, stupeň 1
PSV3St2	47-2	U1U2<>_2	Ochrana vyhodnocující souslednou a zpětnou složku napětí, stupeň 2
ROV1Low	59N-1	Uo>	Přepět'ová ochr. (měř. nulové složky), st. s nižším rozsahem seřiditelnosti
ROV1High	59N-2	Uo>>	Přepět'ová ochr. (měř. nulové složky), st. s vyšším rozsahem seřiditelnosti
ROV1Inst	59N-3	Uo>>>	Přepět'ová ochrana (měření nulové složky), mžikový stupeň
SCVCS1	25.I	SYNC1	Funkce kontroly synchronního/napět'ového stavu, stupeň 1
SCVCS2	25.II	SYNC2	Funkce kontroly synchronního/napět'ového stavu, stupeň 2
TOL3Cab	49F	3Ith>	Třířázová ochrana proti tepelnému přetížení kabelů
TOL3Dev	49M/G/T	3Ithdev>	Třířázová ochrana proti tepelnému přetížení zařízení
UV3Low	27-1	3U<	Třířázová podpět'ová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti
UV3High	27-2	3U<<	Třířázová podpět'ová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

4.1.2.2 Měřicí funkce

Tabulka č. 5 – Měřicí funkce dostupné v terminálu RE 54_

Funkce	Číslo ANSI	IEC symbol	Popis
MEAI1	AI1	AI1	Standardní měření 1/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI2	AI2	AI2	Standardní měření 2/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI3	AI3	AI3	Standardní měření 3/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI4	AI4	AI4	Standardní měření 4/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI5	AI5	AI5	Standardní měření 5/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI6	AI6	AI6	Standardní měření 6/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI7	AI7	AI7	Standardní měření 7/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAI8	AI8	AI8	Standardní měření 8/analogový vstup na RTD analog. modulu
MEAO1	AO1	AO1	Analogový výstup 1 na RTD analogovém modulu
MEAO2	AO2	AO2	Analogový výstup 2 na RTD analogovém modulu
MEAO3	AO3	AO3	Analogový výstup 3 na RTD analogovém modulu
MEAO4	AO4	AO4	Analogový výstup 4 na RTD analogovém modulu
MECU1A	Io	Io	Měření nulového proudu, stupeň A
MECU1B I	Io_B	Io_B	Měření nulového proudu, stupeň B
MECU3A	3I	3I	Měření třífázového proudu, stupeň A
MECU3B	3I_B	3I_B	Měření třífázového proudu, stupeň B
MEDREC16	DREC	DREC	Poruchový zapisovač přechodových jevů
MEFR1	f	f	Měření systémové frekvence
MEPE7	PQE	PQE	Měření třífázového výkonu a elektrické energie
MEVO1A	Uo	Uo	Měření nulové složky napětí, stupeň A
MEVO1B	Uo_B	Uo_B	Měření nulové složky napětí, stupeň B
MEVO3A	3U	3U	Měření třífázového napětí, stupeň A
MEVO3B	3U_B	3U_B	Měření třífázového napětí, stupeň B

4.1.2.3 Funkce měření kvality energie

Tabulka č. 6 – Funkce měření kvality dostupné v terminálu RE 54_

Funkce	Číslo ANSI	IEC symbol	Popis
PQCU3H	PQ 3Inf	PQ 3Inf	Měření zkreslení průběhu proudu
PQVO3H	PQ 3Unf	PQ 3Unf	Měření zkreslení průběhu napětí
PQVO3Sd	PQ 3U<>	PQ 3U<>	Měření krátkodobých změn napětí

4.1.2.4 Řídící a ovládací funkce

Řídící a ovládací funkce jsou použity pro indikaci stavů spínacích prvků, tj. vypínačů i odpojovačů a pro přenos vypínacích i zapínacích povelů na ovladatelné spínací prvky v rozvodně. Kromě těchto ovládacích funkcí existují doplňkové funkce určené pro ovládací logiky, jako například funkce přepínače On/Off (Zapnout/Vypnout), výstrahy na funkčním schématu (MIMIC), ovládání LED diody, zobrazení číselných dat na funkčním schématu a logika volby pozice ovládání. Ovládací funkce jsou konfigurovány prostřednictvím nástroje pro konfiguraci (Relay Configuration Tool) a tyto funkce je možné propojovat se stavovými indikátory, které jsou součástí konfigurovaného funkčního

schématu zobrazeného na displeji jednotky HMI. Stavové indikátory jsou použity pro indikaci stavů spínacích prvků na funkčním schématu a pro jejich místní ovládání.

4.1.2.5 Funkce monitorující provozní podmínky

Tabulka č. 7 – Funkce monitorující provozní podmínky dostupné v terminálu RE 54_

Funkce	Číslo ANSI	IEC symbol	Popis
CMBWEAR1	CB wear1	CB wear1	Elektrické opotřebení vypínače 1
CMBWEAR2	CB wear2	CB wear2	Elektrické opotřebení vypínače 2
CMCU3	MCS 3I	MCS 3I	Kontrolní funkce měřicího vstupního proudového obvodu
CMGAS1	CMGAS1	GAS1	Monitorování tlaku plynu
CMGAS3	CMGAS3	GAS3	Monitorování tlaku plynu třípólového objektu
CMSCHED	CMSCHED	SCHED	Plánovaná údržba
CMSPRC1	CMSPRC1	SPRC1	Ovládání pružinového střadače 1
CMTCS1	TCS1	TCS1	Kontrola vypínacího obvodu 1
CMTCS2	TCS2	TCS2	Kontrola vypínacího obvodu 2
CMTIME1	TIME1	TIME1	Čítač provozního času 1 – provozní čas běhu zařízení (např. motory)
CMTIME2	TIME2	TIME2	Čítač provozního času 2 – provozní čas běhu zařízení (např. motory)
CMTRAV1	CMTRAV1	TRAV1	Přestavný čas vypínače 1
CMVO3	MCS 3U	MCS 3U	Kontrolní funkce měřicího vstupního napěťového obvodu

4.1.2.6 Komunikační funkce

U terminálu vývodového pole REF 54_ jsou k dispozici sériové komunikační protokoly IEC_103, Modbus, DNP 3.0, SPA a LON.

4.1.2.7 Universální funkce

Tabulka č. 8 – Univerzální funkce dostupné v terminálu REF 54_

Funkce	Popis
INDRESET	Reset indikátorů vypnutí, výstupních signálů s přídržnou funkcí, registrů a záznamů analogových signálů, tj. poruchového zapisovače
MMIWAKE	Aktivace nasvětlení pozadí HMI
SWGRP1	Přepínačová skupina SWGRP1
SWGRP2	Přepínačová skupina SWGRP2
SWGRP3	Přepínačová skupina SWGRP3
SWGRP20	Přepínačová skupina SWGRP20

4.1.2.8 Standardní funkce

Standardní funkce jsou použity pro různé logiky, jako jsou například logiky blokovacích podmínek, alarmů a ovládacích sekvencí. Použití logických funkcí není limitováno a tyto funkce lze propojit jak navzájem, tak i s ochrannými, měřicími a ovládacími funkcemi, s funkcemi

monitorujícími provozní podmínky a s ostatními univerzálními funkcemi. Nástrojem pro konfiguraci terminálu (Relay Configuration Tool) je také možné ke standardním funkcím připojit binární vstupy a výstupy i vstupy a výstupy LON.

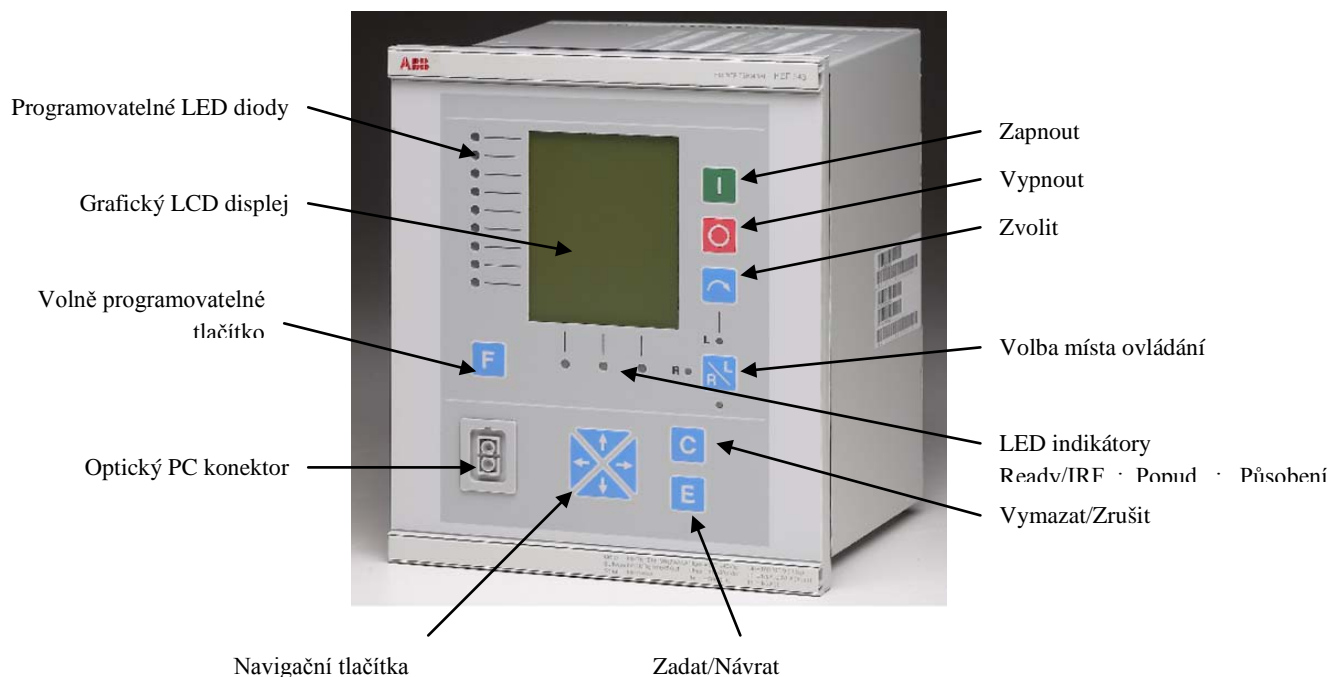
4.1.3 Zobrazovací panel HMI

Terminál vývodového pole je vybaven buď pevně instalovaným displejem, nebo modulem s externím displejem. Externí zobrazovací modul vyžaduje samostatné napájecí napětí ze společného zdroje hlavní jednotky terminálu.

Systém HMI má dvě hlavní úrovně ovládání, Uživatelskou úroveň (User level) a Technickou úroveň (Technical level). Uživatelská úroveň je určena pro “každodenní” měření a monitorování, zatímco Technická úroveň je určena pro moderní programování terminálu vývodového pole.

Čelní panel terminálu vývodového pole obsahuje:

- Grafický LCD displej s rozlišením 128×160 obrazových prvků, složený z 19 řádků rozdělených do dvou oken.
- Hlavní okno (17 řádků) poskytuje informace o zobrazeném funkčním schématu (MIMIC), objektech, změnových stavech, měření, výstrahách při ovládání a o parametrech terminálu.
- Pomocné okno (2 řádky) je určeno pro indikaci ochranných a výstražných funkcí terminálu a pro zobrazení obecných pomocných zpráv.
- Tři tlačítka pro ovládání objektů.
- Osm volně programovatelných výstražných LED diod s různě konfigurovatelnými barvami a režimy signalizace (LED neaktivní, zelená barva, žlutá barva, červená barva, svítící trvalým světlem, blikající).
- LED indikátor testu ovládání a stavu blokovacích podmínek.
- Tři LED indikátory ochran.
- Tlačítkovou sekci systému HMI se čtyřmi tlačítky označenými šipkami, tlačítkem [C] (Clear - Vymazání) a tlačítkem [E] (Enter - Zadání/vstup).
- Opticky izolovaný sériový komunikační port.
- Ovládání nasvětlení pozadí a kontrastu displeje.
- Volně programovatelné tlačítko [F].
- Tlačítko dálkového/místního ovládání (tlačítko volby místa ovládání [L\R]).



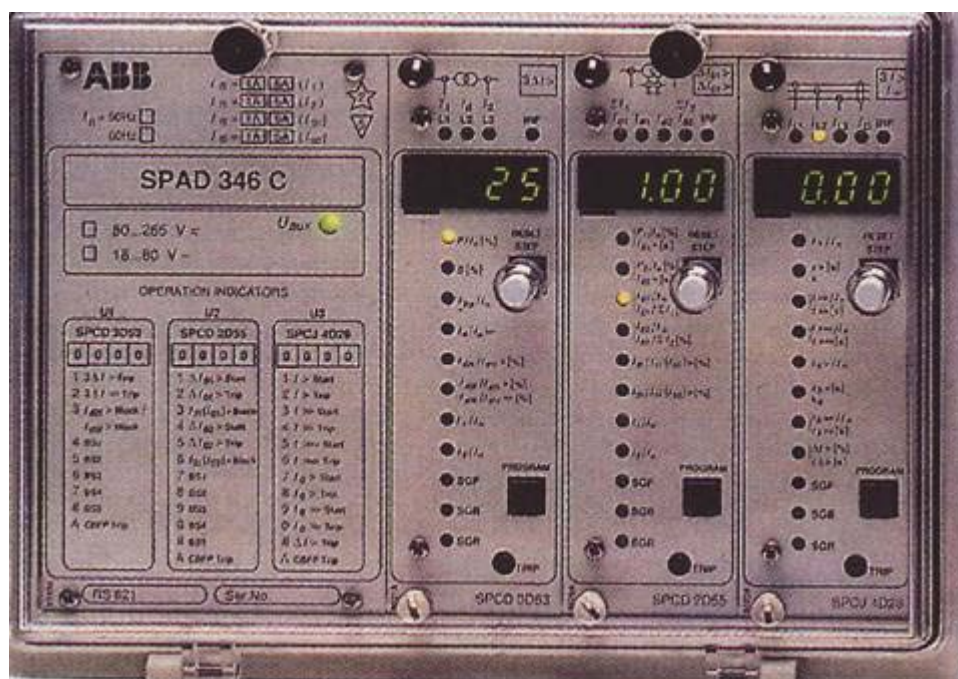
Obrázek 13 - Čelní pohled na terminál

4.2 Ochrana SPAD 346

[6]

4.2.1 Základní popis

Stabilizovaná diferenciální ochrana SPAD 346 C je určena především pro chránění dvouvinutových transformátorů při mezizávitových poruchách, zkratech mezi vinutími, a zemních poruchách. Ochrana se skládá ze tří nezávislých modulů ochrany: modul třífázové stabilizované diferenciální ochrany SPCD 3D53, modul ochrany zemní poruchy SPCD 2D55 a kombinovaný modul nadproudové ochrany a ochrany pro zemní poruchy SPCJ 4D28. Jmenovitý proud ochrany je 1 A i 5 A. Pro podmínky závodu TKV bude využit pouze modul stabilizované diferenciální ochrany SPCD 3D53.

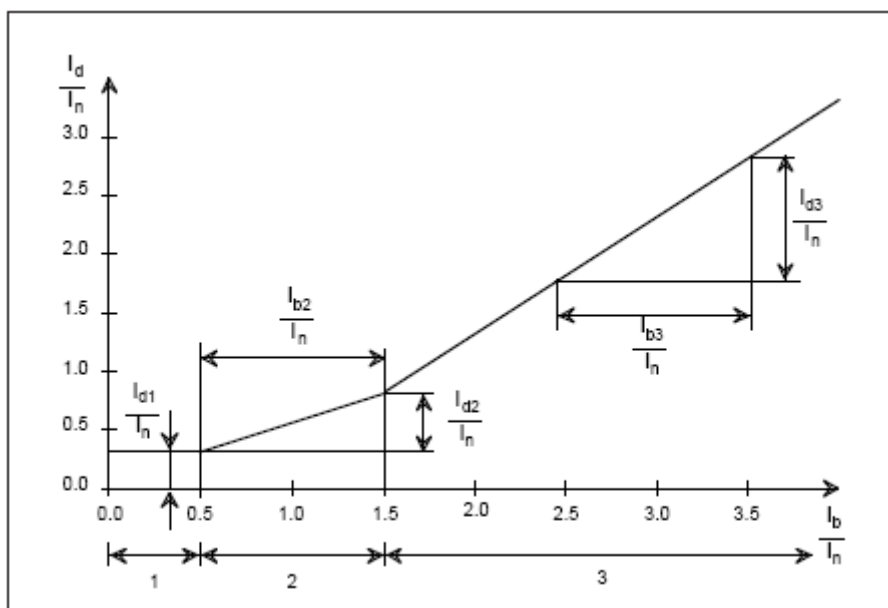


Obrázek 14 - Čelní pohled na ochranu SPAD 346

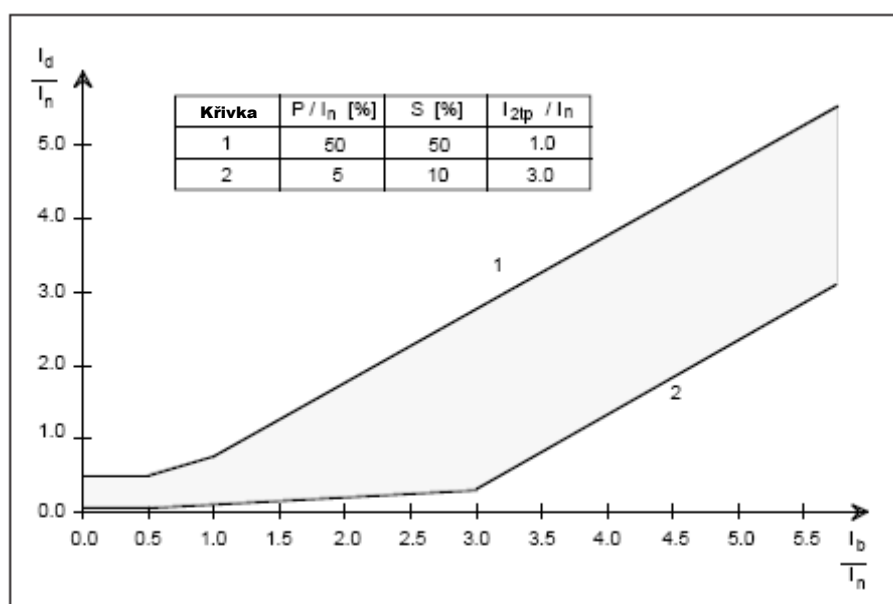
4.2.2 Modul třífázové stabilizované ochrany SPCD 3D53

Modul diferenciální ochrany SPCD 3D53 porovnává fázové proudy na obou stranách chráněného objektu. Pokud diferenciální proud fázových proudů překročí v jedné fázi hodnotu nastavenou a definovanou stabilizovanou vypínací charakteristikou nebo překročí hodnotu nastavenou pro mžikový stupeň ochrany, modul aktivuje signál působení. Diferenciální proud může být vyvolán jak rozdílem amplitud, tak rozdílem fází vstupních proudů.

Stabilizovaný proudový diferenciální stupeň – při chránění transformátorů jsou diferenciální proudy způsobeny nepřesností proudových transformátorů, změnami poloh regulačních odboček, proudem transformátoru naprázdno, zapínacími proudy transformátoru a podobně. Diferenciální proudy způsobené nepřesností proudových transformátorů a polohou regulační odbočky se zvětšují úměrně se zatížením transformátoru. Vysoké průchozí proudy chráněným objektem jsou vyvolány zkraty mimo chráněnou zónu, vysokými zatěžovacími proudy transformátoru při startech motorů a zapínacími rázy při zapnutí transformátorů. Z těchto důvodů musí být náběh diferenciální ochrany stabilizován ve vztahu k zatěžovacímu proudu. Čím je vyšší zatěžovací proud, tím je k náběhu stabilizované diferenciální ochrany potřebný vyšší diferenciální proud.



Obrázek 15 - Pracovní charakteristika stabilizované diferenciální ochrany – modulu SPCD 3D53



Obrázek 16 - Nastavovací meze stabilizované diferenciální ochrany – modulu SPCD 3D53

Blokování druhou harmonickou složkou diferenciálního proudu – při zapnutí výkonového transformátoru dochází k zapínacímu rázu. Zapínací proud může dosáhnout několikanásobku velikosti jmenovitého proudu a může mít po několika sekundách stále poloviční velikost. Pro diferenciální ochranu tento proud reprezentuje diferenciální proud a způsobil by náběh ochrany téměř vždy při zapnutí transformátoru k síti. Pro zapínací proud je typický vysoký obsah druhých harmonických složek. Blokáda náběhu stabilizovaného stupně ochrany při magnetizačním zapínacím proudu je založena na principu vyhodnocení poměru amplitudy druhé harmonické složky a amplitudy složky základní frekvence I_{d2f} / I_{d1f} .

Blokování pátou harmonickou složkou diferenciálního proudu – blokování aktivace ochrany při provozních stavech, kdy dochází k přesycení, je založeno na principu vyhodnocení poměru páté harmonické složky a základní složky diferenciálního proudu I_{d5f} / I_{d1f} . Při nebezpečných přepětových úrovních, kdy může dojít k poškození transformátoru, je toto blokování automaticky negováno separátní úrovní s nastavením $I_{d5f} / I_{d1f} \gg$. Blokování druhou a pátou harmonickou složkou může být při požadavku vyřazeno.

Mžikový proudový diferenciální stupeň – mžikový proudový diferenciální stupeň působí pokud základní složka vypočtena z diferenciálního proudu překročí nastavený provozní limit $I_d / I_n \gg$, nebo pokud okamžitá úroveň diferenciálního proudu překročí hodnotu $2,5 \times I_d / I_n \gg$. Rozsah seřiditelnosti mžikového stupně $I_d / I_n \gg$ je 5....30.

Poruchový zapisovač – modul diferenciální ochrany SPCD 3D53 je vybaven integrovanou funkcí poruchového zapisovače s možností záznamu šesti fázových proudů, vnitřních vypínacích a blokovacích signálů modulu a s možností záznamu vstupních ovládacích signálů. Záznam může být spuštěn jak náběžnou, tak sestupnou hranou těchto signálů. Délka záznamu je 38 period. Záznamová paměť má kapacitu pro uložení jednoho zápisu. Vzorkovací frekvence je 40 vzorků za periodu. Záznam lze načíst například pomocí programu a PC. Před novým záznamem musí být provedeno načtení záznamu z paměti, nebo musí být paměť resetována.

4.3 Ochrana RET 316

[7]

4.3.1 Základní popis

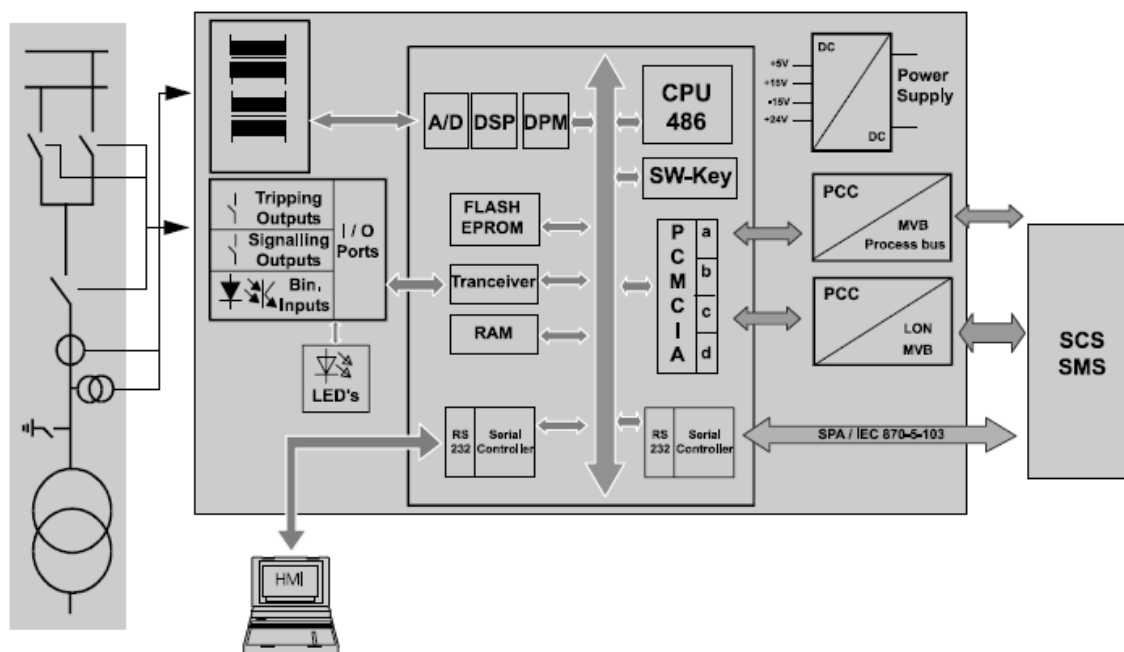
Terminál číslicového systému chránění transformátoru RET316*4 je určen pro rychlé a selektivní chránění dvouvinutových nebo třívínutových transformátorů. Tento terminál je kromě toho možné použít pro aplikace chránění autotransformátorů a bloků generátor – transformátor.

Soubor ochran detekuje následující typy poruch:

- Všechny fázové poruchy.
- Zemní poruchy v systémech, kde je výkonový transformátor uzemněn účinně, nebo kde je uzemněn nízkaimpedančně.
- Mezizávitové poruchy.

Terminál RET316*4 může být dodán s různými ochrannými funkcemi:

- Diferenciální ochranná funkce je jednou z nejdůležitějších funkcí pro rychlé a selektivní chránění všech transformátorů s jmenovitým výkonem vyšším než několik MVA.
- Nadproudovou ochrannou funkci je doporučeno používat jako záložní ochranu.
- V některých případech je požadována přepětová funkce.
- Funkce tepelného přetížení chrání izolaci transformátoru proti tepelnému namáhání. Tato ochranná funkce je obvykle vybavena dvěma stupni s nezávisle nastavitelnými úrovněmi a používá se v případech, kdy u transformátoru nejsou instalována teplotní olejová čidla.
- Další funkce jsou k dispozici na požadavek (např. frekvenční funkce).
- Distanční ochrana je často používána jako záložní ochrana a je v systému RET316*4 obsažena.



Obrázek 17 - Blokové schéma ochrany RET 316

4.3.2 Přehled ochranných funkcí

Knihovna funkčních modulů RET316*4 obsahuje množství ochranných a doplňkových funkcí, z kterých, podle použité verze terminálu, si uživatel může vybírat (viz tabulka na obr.19). V rozsahu dostupné procesorové kapacity mohou být stejné funkce použity i několikrát.

Varianta														
Ochranná funkce	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Proud. diferenciální 2 vinuť. transformátoru														
Proud. diferenciální 3 vinuť. transformátoru														
Distanční funkce														
Zemní funkce s nezáv. čas. zpožděním														
Zemní funkce se záv. čas. zpožděním														
Frekvenční funkce														
Funkce dI/dt														
Nadproud. funkce s nezáv. čas. zpožděním														
Mžiková nadproudová funkce														
Nadproud. funkce se záv. čas. zpožděním														
Funkce vyhodnocující přesycení (V/Hz)														
Přepětová funkce														
Funkce REF														
Funkce tepelného přetížení														
Podpětová funkce														
Výkonová funkce														

Varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Transf. proudu s charakteristikou pro ochrany	6	6	6	6	6	6	6	9	9	9	6	6	6	6
Transf. proudu s charakteristikou pro měření			2										2	
Transformátory napětí			1		3	3	3				3	3	1	3

Obrázek 18 - Tabulka ochranných funkcí RET 316

5 Nastavení elektrických ochran

5.1 Základní popis

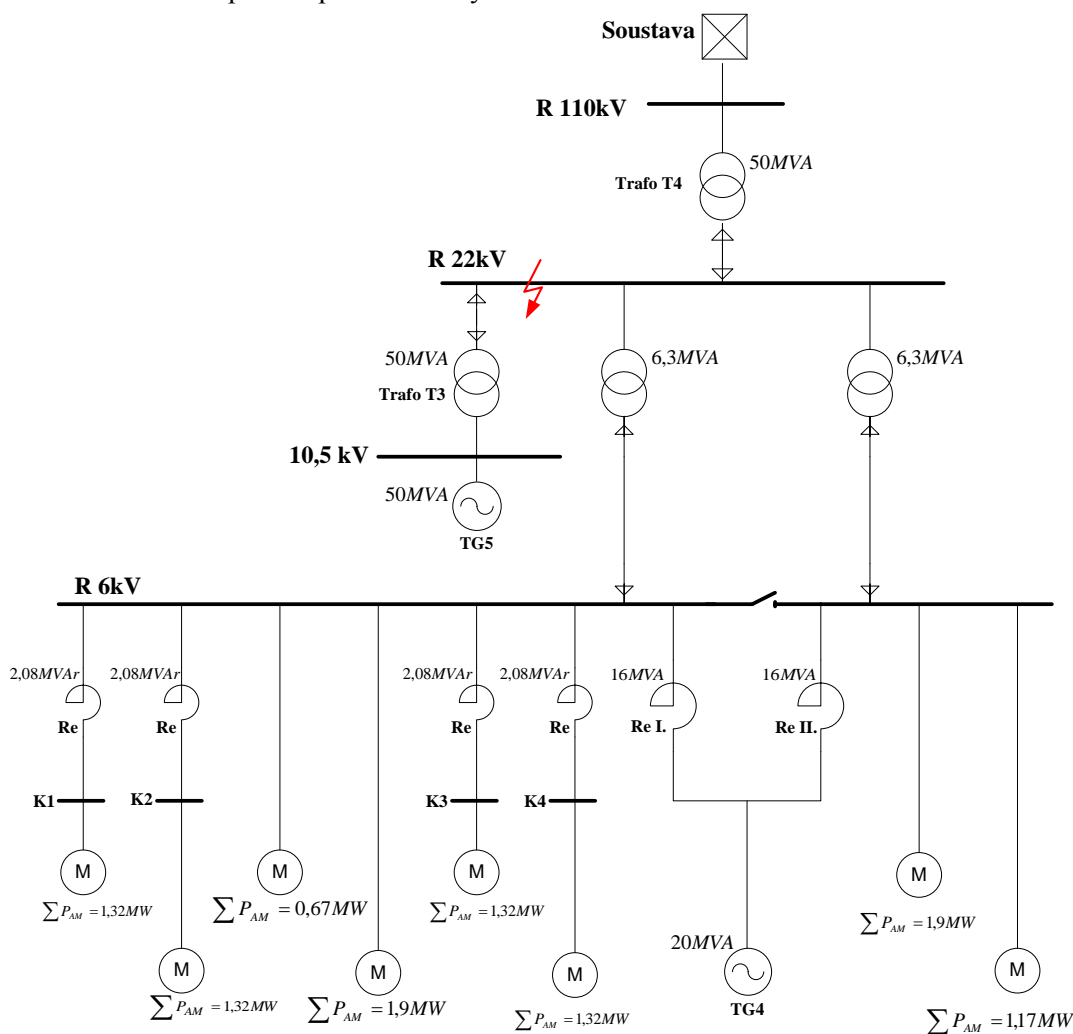
Základem výpočtu nastavení ochran je výpočet zkratů. Musíme znát maximální rázový třífázový zkratový proud I''_{kmax3f} a minimální dvoufázový zkratový proud I''_{kmin2f} .

I''_{kmax3f} potřebujeme pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu I_{th} (I_{ke}), pro kontrolu zařízení na oteplení – tedy výpočtu maximálního času, do kdy je nutné zařízení odepnout.

I''_{kmin2f} potřebujeme pro výpočet nastavení proudu zkratových ochran – tyto musí být nastaveny tak, aby vypnuly při nejmenším možném zkratovém proudu.

5.2 Výpočet maximálního třífázového zkratového proudu

Pro výpočet maximálního zkratového proudu uvažujeme konfiguraci rozveden dle následujícího schématu což představuje klasické provozní zapojení, kdy provoz teplárny je provozován na maximální výkon, což představuje především provoz obou generátorů TG4 a TG5, dále příspěvky asynchronních motorů a to jak z páteřních části rozveden R 6 kV, tak i podružných technologických rozveden 6 kV a zejména příspěvek z nadřazené soustavy R 110 kV Albrechtice. Velikost maximálního zkratového proudu počítám ve vyznačeném místě.



Obrázek 19 - Provozní zapojení pro výpočet I''_{kmax3f}

5.3 Náhradní schéma pro výpočet maximálního zkratového proudu

Náhradní schéma pro výpočet maximálního zkratového proudu s vyznačením místa zkratu viz. příloha č. 3

5.4 Maximální třífázový zkratový proud

[8]

Tabulka č. 9 – Výsledky výpočtů maximálního třífázového zkratového proudu

Číslo místa zkratu	Rozvodna	Napětí	I''_{k3max}
		[kV]	[kA]
1	Rozvodna R 22 kV	22	16,686
2	TG5	10,5	34,406
3	Rozvodna R 6 kV 1. - 3. část	6	22,299
4	Rozvodna R 6 kV 4. - 6. část	6	18,690
5	Podružná rozvodna R 6 kV K1	6	9,580
6	Podružná rozvodna R 6 kV K2	6	9,580
7	Podružná rozvodna R 6 kV K3	6	9,580
8	Podružná rozvodna R 6 kV K4	6	9,580
9	TG4	6	29,336

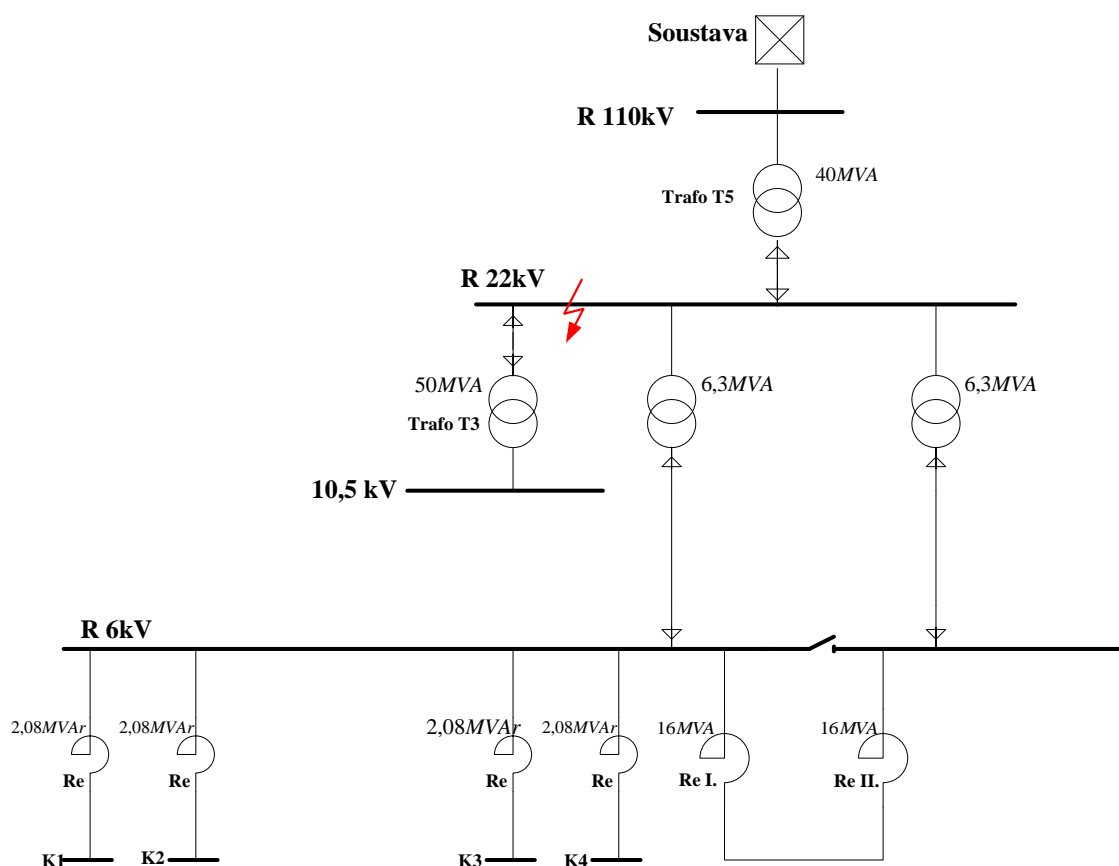
5.5 Výpočet minimálního dvoufázového zkratového proudu

Z minimálního třífázového zkratového proudu I''_{k3min} se následně vypočítá minimální dvoufázový zkratový proud, který potřebujeme pro výpočet nastavení proudu zkratových ochran tak, aby vypnuly již při nejmenším možném zkratovém proudu a spolehlivě chránily zařízení před účinky zkratu.

$$\text{Dle (3.23)} \quad I''_{k2min} = I''_{k3min} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad [\text{kA}]$$

Pro výpočet minimálního třífázového zkratového proudu uvažujeme konfiguraci rozvoden dle následujícího schématu, což představuje klasické provozní zapojení bez příspěvků generátorů a synchronních motorů, pouze s příspěvkem minimálního zkratového výkonu z nadřazené soustavy R 110 kV Albrechtice. Velikost minimálního zkratového proudu počítáme ve vyznačených místech na schématu.

5.6 Schéma pro výpočet minimálního zkratového proudu



Obrázek 20 - Provozní zapojení pro výpočet I''_{kmin3f}

5.7 Náhradní schéma pro výpočet minimálního zkratového proudu

Náhradní schéma pro výpočet minimálního zkratového proudu s vyznačením zvolených míst zkratu viz. příloha č. 4

5.8 Minimální dvoufázový zkratový proud [8]

Tabulka č. 10 – Výsledky výpočtů minimálního dvoufázového zkratového proudu

Číslo místa zkratu	Rozvodna	Napětí	I''_{k2min}
		[kV]	[kA]
1	Rozvodna R 22 kV	22	5,571
2	TG5	10,5	7,130
3	Rozvodna R 6 kV 1. - 3. část	6	6,699
4	Rozvodna R 6 kV 4. - 6. část	6	6,684
5	Podružná rozvodna R 6 kV K1	6	4,239
6	Podružná rozvodna R 6 kV K2	6	4,239
7	Podružná rozvodna R 6 kV K3	6	4,239
8	Podružná rozvodna R 6 kV K4	6	4,239
9	TG4	6	6,308

5.9 Výpočet nastavení ochran na rozvodně 22 kV

Pro výpočet nastavení ochran byly vybrány ochrany v polích, které reprezentují jednotlivé chráněné objekty, tj. oba transformátory 110/23 kV (každý má jiný výkon), blokový transformátor 22/10,5/6,3 kV, transformátor 22/6,3 kV – transformátory jsou čtyři, ale jsou stejného provedení, vedení 22 kV LDS OKD, příčná spojka 22 kV a kobka měření.

5.9.1 Výpočet nastavení ochran pro T4 110/23 kV 50 MVA

Data chráněného objektu:

$S_n = 50/50 \text{ MVA}$, $U_n = 110/23 \text{ kV}$, $I_n = 262/1255 \text{ A}$, $u_k = 13,5 \%$,

Zapojení transformátoru YNyn0

Převod MTP na straně 110 kV = 300/5 A, převod MTP na straně 22 kV = 1500/5 A

Kabel 22 kV od transformátoru: 3 x 22 AXEVCE 3 x 1 x 240 mm², $I_{dov} = 1228 \text{ A}$

Ochrana strany 110 kV: REF 543

Ochrana strany 22 kV: REF 543

Diferenciální ochrana: SPAD 346 C3

5.9.1.1 Nadproudová ochrana pro transformátor – strana 110 kV :

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{N-TRAFA}}{k_p \cdot p_p} = \frac{1,1 \cdot 262}{0,96 \cdot 60} = 5,003 \quad [\text{A}]$$

I_r nastavení na ochraně

k_b koeficient bezpečnosti – 1,1

k_p přídržný poměr - udává výrobce ochran – pro digitální ochrany ABB se volí hodnota 0,96

p_p převod měřících transformátorů

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3Low nastavíme na **1 x I_n** ochrany (t.j. 5A), pro časové zpoždění ochrany použijeme závislou charakteristiku IDMT Long Time s časovým zpožděním **k = 0,8**

5.9.1.2 Zkratová ochrana pro transformátor – strana 110 kV :

$$I_r \leq \frac{I_{k \min 2f}''}{k_c \cdot p_p} = \frac{5975}{1,5 \cdot 60} = 66,38 \quad [\text{A}]$$

I_r nastavení na ochraně

k_c koeficient citlivosti – 1,5

p_p převod měřících transformátorů

$I_{k \min 2f}''$ minimální dvoufázový zkratový proud

Zkratovou funkci ochrany REF 543 NOC 3 High nastavíme na **12 x I_n** ochrany (t.j. 60 A) což vyhovuje výpočtu. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas, kde **t = 2,3 s**. Tento nastavený čas současně vyhovuje výpočtu na dovolené oteplení kabelu na straně 22 kV při zkratu (viz. výpočet 5.9.1.5).

5.9.1.3 Nadproudová ochrana pro transformátory – strana 110 kV signalizace přetížení:

$$I_r = \frac{I_{N-TRAFA}}{p_p} = \frac{262}{60} = 4,36 \quad [\text{A}]$$

I_r nastavení na ochraně

p_p převod měřících transformátorů

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3 Inst nastavíme na **0,87 x I_n** ochrany (t.j. 4,36A), pro časové zpoždění ochrany pevný čas kde **t = 5 s**.

5.9.1.4 Zkratová ochrana pro transformátor – strana 22 kV :

$$I_r \leq \frac{I_{k \min 2f}''}{k_c \cdot p_p} = \frac{5571}{1,2 \cdot 300} = 15,475 \quad [\text{A}]$$

I_r nastavení na ochraně

k_c koeficient citlivosti – 1,2

p_p převod měřících transformátorů

$I_{k \min 2f}''$ minimální dvoufázový zkratový proud

Zkratovou funkci ochrany REF 543 NOC 3 High nastavíme na **3 x I_n** ochrany (t.j. 15 A) což vyhovuje výpočtu. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas kde **t = 2,1 s**.

5.9.1.5 Výpočet na dovolené oteplení kabelu od transformátoru při zkratu :

$$t \leq \left[\frac{K \cdot S}{I_{ke}} \right]^2 = \left[\frac{68 \cdot 720}{17020} \right]^2 = 8,27 \quad [\text{s}]$$

t doba trvání zkratu v sec

S průřez vedení v mm^2

I_{ke} ekvivalentní oteplovací proud v A

K koeficient pro výpočet oteplení při zkratu

kde koeficient K:

68 platí pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy větší než 300 mm^2 , při počáteční teplotě 70°C

Kabel je chráněn ochranou REF 543 na straně 110 kV, funkcí **NOC3High** nastavenou na časové zpoždění **2,3 s** – což vyhovuje.

5.9.1.6 Výpočet rozdílové ochrany SPAD346C3 :

Diferenciální ochrana SPAD 346C3 obsahuje pouze diferenciální modul SPCS 3D53

Nastavení modulu SPCD 3D53 :

Parametr P/I_n	nastavitelnost 5 .. 50 % určující základní nastavení popudu diferenciálního proudu 1.oblasti
Parametr S	nastavitelnost 10 .. 50 % určující nastavení sklonu 2.oblasti vypínací charakteristiky
Parametr I_{2tp}/I_n	nastavitelnost 1.. 3 x I_n určující nastavení 2.zlomu vypínací charakteristiky
Parametr $I_d/I_n >>$	nastavitelnost 5 ..30 x I_n , mžikový proudový diferenciální stupeň
Parametr $I_{d2f}/I_{d1f} >$	nastavitelnost 10 .. 20 % určující poměr 2 harmonické a základní frekvence pro blokování
Parametr $I_{d5f}/I_{d1f} >$	nastavitelnost 10 .. 50 % určující poměr 5 harmonické a základní frekvence pro blokování
Parametr $I_{d5f}/I_{d1f} >>$	nastavitelnost 10 .. 50 % určující poměr 5 harmonické a základní frekvence pro blokování
Parametr I_1/I_n	nastavitelnost 0,4..1,5 , korekce transformačního poměru MTP strany vvn
Parametr I_2/I_n	nastavitelnost 0,4 ..1,5 korekce transformačního poměru MTP strany vn

Tabulka č. 11 – Nastavení rozdílové ochrany pro transformátor T4

P/I_n	30	%
S	20	%
I_{2tp}/I_n	1,5	I_n
$I_d/I_n >$	10	I_n
$I_{d2f}/I_{d1f} >$	10	%
$I_{d5f}/I_{d1f} >$	35	%
$I_{d5f}/I_{d1f} >>$	35	%
I_1/I_n	0,87	-
I_2/I_n	0,84	-

SGF1 = 15 ... Parametr dle zapojení transformátoru –YNyn0

5.9.2 Výpočet nastavení ochran pro T5 110/23 kV 40 MVA

Data chráněného objektu :

$S_n = 40/40$ MVA , $U_n = 110/23$ kV , $I_n = 210/1005$ A , $u_k = 10,9$ % ,

Zapojení transformátoru YNyn0

Převod MTP na straně 110 kV = 200/5 A , převod MTP na straně 22 kV = 1000/5 A

Kabel 22 kV od transformátoru : 3 x 22 AXEKC Y 3 x 1 x 240 mm² , $I_{dov} = 1228$ A

Ochrana strany 110 kV: REF 543

Ochrana strany 22 kV: REF 543

Diferenciální ochrana: SPAD 346 C3

5.9.2.1 Nadproudová ochrana pro transformátor – strana 110 kV :

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{N-TRAFA}}{k_p \cdot p_p} = \frac{1,1 \cdot 210}{0,96 \cdot 40} = 6,016 \quad [A]$$

- I_r nastavení na ochraně
 k_b koeficient bezpečnosti – 1,1
 k_p přídržný poměr - udává výrobce ochrany – pro digitální ochrany ABB se volí hodnota 0,96
 p_p převod měřících transformátorů

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3Low nastavíme na **1,2 x I_n** ochrany (tj. 6 A), pro časové zpoždění ochrany použijeme závislou charakteristiku IDMT Long Time s časovým zpožděním **k = 0,8**

5.9.2.2 Zkratová ochrana pro transformátor – strana 110 kV :

$$I_r \leq \frac{I_{k \min 2f}''}{k_c \cdot p_p} = \frac{5975}{1,5 \cdot 40} = 99,58 \quad [A]$$

- I_r nastavení na ochraně
 k_c koeficient citlivosti – 1,5
 p_p převod měřících transformátorů
 $I_{k \min 2f}''$ minimální dvoufázový zkratový proud

Zkratovou funkci ochrany REF 543 NOC 3 High nastavíme na **12 x I_n** ochrany (tj. 60 A) což vyhovuje výpočtu. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas, kde **t = 2,3 s**. Tento nastavený čas současně vyhovuje výpočtu na dovolené oteplení kabelu na straně 22 kV při zkratu (viz. výpočet 5.9.2.5)

5.9.2.3 Nadproudová ochrana pro transformátory – strana 110 kV signalizace přetížení:

$$I_r = \frac{I_{N-TRAFA}}{p_p} = \frac{210}{40} = 5,25 \quad [A]$$

- I_r nastavení na ochraně
 p_p převod měřících transformátorů

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3 Inst nastavíme na **1,05 x I_n** ochrany (tj. 5,25 A), pro časové zpoždění ochrany pevný čas, kde **t = 5 s**.

5.9.2.4 Zkratová ochrana pro transformátor – strana 22 kV :

$$I_r \leq \frac{I_{k \min 2f}''}{k_c \cdot p_p} = \frac{5571}{1,2 \cdot 200} = 23,21 \quad [A]$$

- I_r nastavení na ochraně
 k_c koeficient citlivosti – 1,2
 p_p převod měřících transformátorů
 $I_{k \min 2f}''$ minimální dvoufázový zkratový proud

Zkratovou funkci ochrany REF 543 NOC 3 High nastavíme na **4,6 x I_n** ochrany (tj. 23 A) což vyhovuje výpočtu. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas kde **t = 2,1 s**.

5.9.2.5 Výpočet na dovolené oteplení kabelu od transformátoru při zkratu:

$$t \leq \left[\frac{K \cdot S}{I_{ke}} \right]^2 = \left[\frac{68 \cdot 720}{17020} \right]^2 = 8,27 \text{ [s]}$$

t doba trvání zkratu v sec

S průřez vedení v mm²

I_{ke} ekvivalentní oteplovací proud v A

K koeficient pro výpočet oteplení při zkratu

kde koeficient K:

68 platí pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy větší než 300 mm², při počáteční teplotě 70°C

Kabel je chráněn ochranou REF 543 na straně 110 kV, funkcí **NOC3High** nastavenou na časové zpoždění **2,3 s** – což vyhovuje.

5.9.2.6 Výpočet rozdílové ochrany SPAD346C3 :

Diferenciální ochrana SPAD 346C3 obsahuje pouze diferenciální modul SPCS 3D53

Nastavení modulu SPCD 3D53 :

Parametr P/I_n	nastavitelnost 5 .. 50 % určující základní nastavení popudu diferenciálního proudu 1.oblasti
Parametr S	nastavitelnost 10 .. 50 % určující nastavení sklonu 2.oblasti vypínací charakteristiky
Parametr I_{2tp}/I_n	nastavitelnost 1.. 3 xI _n určující nastavení 2.zlomu vypínací charakteristiky
Parametr I_d/I_n>>	nastavitelnost 5 .. 30 xI _n , mžikový proudový diferenciální stupeň
Parametr I_{d2f}/I_{d1f}>	nastavitelnost 10 .. 20 % určující poměr 2 harmonické a základní frekvence pro blokování
Parametr I_{d5f}/I_{d1f}>	nastavitelnost 10 .. 50 % určující poměr 5 harmonické a základní frekvence pro blokování
Parametr I_{d5f}/I_{d1f}>>	nastavitelnost 10 .. 50 % určující poměr 5 harmonické a základní frekvence pro blokování
Parametr I₁/I_n	nastavitelnost 0,4..1,5 , korekce transformačního poměru MTP strany vvn
Parametr I₂/I_n	nastavitelnost 0,4 .. 1,5 , korekce transformačního poměru MTP strany vn

Tabulka č. 12 – Nastavení rozdílové ochrany pro transformátorT5

P/I _n	30	%
S	20	%
I _{2tp} /I _n	1,5	I _n
I _d /I _n >	10	I _n
I _{d2f} /I _{d1f} >	10	%
I _{d5f} /I _{d1f} >	35	%
I _{d5f} /I _{d1f} >>	35	%
I ₁ /I _n	1,05	-
I ₂ /I _n	1,00	-

SGF1 = 15 ... Parametr dle zapojení transformátoru –YNyn0

5.9.3 Výpočet nastavení ochran pro T3 22/10,5/6,3 kV

Data chráněného objektu:

$S_n = 50/50/10$ MVA , $U_n = 22/10,5/6,3$ kV, $I_n = 1312/2749/916$ A, $u_k 22/10,5 = 13\%$, $u_k 22/6,3 = 51\%$, $u_k 10/6,3 = 32\%$

Zapojení transformátoru YN/yn0/d1

Převod MTP na straně 22 kV = 1500/5 A

Převod MTP na straně 10 kV = 3000/5 A

Převod MTP na straně 6 kV = 1000/5 A

Ochrana: ochrana RET316.4

Diferenciální ochrana - funkce - Diff – Transf

g	parametr definuje popudovou hodnotu diferenciální ochrany při poruše v chráněné zóně
v	parametr definuje stabilitu ochrany při poruchách mimo chráněnou zónu
b	parametr definuje bod zlomu vypínací charakteristiky ochrany
g – High	parametr definuje zvýšenou hodnotu základního nastavení
I – Inst	parametr definuje diferenciální proud, při kterém dojde k aktivaci vypnutí
Inrush Ratio	parametr definuje dobu aktivního působení funkce detekce zapínacího procesu po zapnutí
Inrush Time	parametr definuje dobu aktivního působení funkce detekce zapínacího procesu po zapnutí
a1	amplitudový kompenzační faktor pro vinutí 1
s1	spojení vinutí 1 – primární
a2	amplitudový kompenzační faktor pro vinutí 2
s2	spojení vinutí 2 – sekundární
a3	amplitudový kompenzační faktor pro vinutí 3
s3	spojení vinutí 3 – sekundární

Přetížení transformátoru - funkce – Overtemp

Thete-Begin	počáteční oteplení
Theta-Warn	oteplení, kdy je aktivován alarm přetížení
Theta-Trip	oteplení, kdy je aktivováno vypnutí
NrfPhases	počet měřených fázových proudů
IB-Setting	referenční proud
TimeConst.	tepelná časová konstanta pro výpočet oteplení

Časově nezávisle zpožděná nadproudová a podproudová funkce - Current – DT

Delay	parametr definuje čas vypnutí
I – Setting	proudové nastavení popudové hodnoty
MaxMin	parametr definuje provozní režim funkce - nadproudová - podproudová – blokování
NrOfPhases	parametr definuje jednofázové, nebo třífázové měření

Tabulka č. 13 – Diferenciální ochrana - funkce Diff –transf

parametr	rozsah	jednotka	Nastavení
G	0,1 ..0,5	In	0,4
V	0,25 .. 0,5	(-)	0,5
B	1,25 .. 5,0	In	1,5
g – High	0,5 .. 2,5	In	2
I – Inst	3,0 .. 15,0	In	12
Inrush Ratio	6 ..20	%	10
Inrush Time	0 .. 90	sec	5
a 1	0,05 .. 2,2	(-)	1,14
s 1	volitelné	(-)	YN
a 2	0,05 .. 2,2	(-)	1,09
s 2	volitelné	(-)	yn0
a 3	0,05 .. 2,2	(-)	1,09
s 3	volitelné	(-)	d1

Tabulka č. 14 – Přetížení transformátoru - funkce - Overtemp

parametr	rozsah	jednotka	Nastavení
Thete-Begin	00 .. 100	%	100
Theta-Warn	050 ..200	%	105
Theta-Trip	050 ..200	%	110
NrfPhases	1 ..3	(-)	003
IB-Setting	0,5 .. 2,5	In	0,6
TimeConst.	2,0 .. 500	(min)	20

Tabulka č. 15 – Časově nezávisle zpožděná nadproudová a podproudová funkce - Current - DT

parametr	rozsah	jednotka	Nastavení
Delay	0,02 ..60	sec	1,2
I - Setting	0,02 .. 20	In	2
MaxMin	-	(-)	max3ph
NrOfPhases	1 .. 3	(-)	003

5.9.4 Výpočet nastavení ochran pro T6 22/6,3 kV 6,3 MVA

Data chráněného objektu:

$S_n = 6,3 \text{ MVA}$, $U_n = 22/6,3 \text{ kV}$, $I_n = 165/577 \text{ A}$, $u_k = 6,94 \%$,

Zapojení transformátoru Yd1

Převod MTP na straně 22 kV = 150/5 A

Rozdílová ochrana SPAD346 je umístěna na straně 6 kV

Ochrana: REF 543

5.9.4.1 Nadproudová ochrana pro transformátor :

$$I_r \geq \frac{k_b \cdot I_{N-TRAFA}}{k_p \cdot p_p} = \frac{1,1 \cdot 165}{0,96 \cdot 30} = 6,3 \quad [A]$$

I_r nastavení na ochraně

k_b koeficient bezpečnosti – 1,1

k_p přídržný poměr - udává výrobce ochrany – pro digitální ochrany ABB se volí hodnota 0,96

p_p převod měřících transformátorů

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3Low nastavíme na **1,26 x I_n** ochrany (tj. 6,3A), pro časové zpoždění ochrany použijeme závislou charakteristiku IDMT Long Time s časovým zpožděním **k = 0,6**.

5.9.4.2 Zkratová ochrana pro transformátor :

$$I_r \leq \frac{I_{k \min 2f}''}{k_c \cdot p_p} = \frac{1668}{1,2 \cdot 30} = 46,23 \quad [A]$$

I_r nastavení na ochraně

k_c koeficient citlivosti – 1,2

p_p převod měřících transformátorů

$I_{k \min 2f}''$ minimální dvoufázový zkratový proud – průchozí zkrat přes transformátor = 1668 A

Zkratovou funkci ochrany REF 543 NOC 3 High nastavíme na **8 x I_n** ochrany (tj. 40 A), což vyhovuje výpočtu. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas, kde **t = 1,5 s**.

5.9.5 Výpočet nastavení ochrany pro vedení 22 kV OKD D56

Data chráněného objektu:

Kabelové vedení 22 AXEKC 3 x 1 240 mm² , $I_{dov} = 360$ A

Délka vedení: 0,9 km

Převod MTP: 600/5 A

Ochrana: REF 543

5.9.5.1 Nadproudová ochrana pro kabelové vedení:

$$I_{r-přetížen} \geq \frac{k_b \cdot I_Z}{k_p \cdot p_p} = \frac{1,1 \cdot 360}{0,96 \cdot 120} = 3,43 \quad [A]$$

I_Z dovolené zatížení kabelu

I_r nastavení na ochraně

k_p přídržný poměr - udává výrobce ochrany – pro digitální ochrany ABB se volí hodnota 0,96

k_b koeficient bezpečnosti – volí se 1,05 až 2 (1,05 pro signalizaci přetížení)

P_p převod měřících transformátorů proudu

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3Low nastavíme na **0,68 x I_n** ochrany (tj. 3,43A), pro časové zpoždění ochrany použijeme závislou charakteristiku IDMT Long Time s časovým zpožděním **k = 0,4**

5.9.5.2 Zkratová ochrana pro kabelové vedení :

$$I_{r-zkrat} \leq \frac{I''_{k \min 2f}}{k_c \cdot p_p} = \frac{5571}{1,5 \cdot 120} = 30,95 \quad [A]$$

I_r nastavení na ochraně

k_c koeficient citlivosti - pro zkraty volíme 1,5

p_p převod měřících transformátorů proudu

I''_{kmin2f} minimální dvoufázový zkratový proud

Zkratovou funkci ochrany REF 543 NOC 3 High nastavíme na **6,1 x I_n** ochrany (tj. 30,5 A) což vyhovuje výpočtu. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas, kde **t = 1,1 s**, což vyhovuje výpočtu (viz. 5.9.5.3)

5.9.5.3 Výpočet na dovolené oteplení při zkratu :

$$t \leq \left[\frac{K \cdot S}{I_{ke}} \right]^2 = \left[\frac{76 \cdot 240}{17020} \right]^2 = 1,15 \quad [s]$$

t doba trvání zkratu v sec

S průřez vedení v mm²

I_{ke} ekvivalentní oteplovací proud v A

K koeficient pro výpočet oteplení při zkratu

kde koeficient K:

76 platí pro Al vodiče s izolací PVC, pro průřezy menší než 300 mm², při počáteční teplotě 70°C

5.9.6 Výpočet nastavení ochran pro příčnou spojku 22 kV :

Data chráněného objektu:

Vypínač spojky sběren 1600 A

Převod MTP: 1500/5 A

Ochrana: REF 543

$$I_{r-přetížen} \geq \frac{k_b \cdot I_Z}{k_p \cdot p_p} = \frac{1,2 \cdot 1500}{0,96 \cdot 300} = 6,25 \quad [A]$$

I_Z dovolené zatížení vypínače nebo MTP

I_r nastavení na ochraně

k_p přídržný poměr - udává výrobce ochran – pro digitální ochrany ABB se volí hodnota 0,96

k_b koeficient bezpečnosti – volí se 1,05 až 2

P_p převod měřících transformátorů proudu

Nadproudovou funkci ochrany REF 543 NOC3Low nastavíme na **1,25 x I_n** ochrany (tj. 6,25 A), pro časové zpoždění ochrany použijeme závislou charakteristiku IDMT Long Time s časovým zpožděním **k = 1**

5.9.7 Výpočet nastavení ochran pro pole měření

Data chráněného objektu:

Převod MTN: 22 000/100 V

Ochrana: REF 541

Podpěťovou funkci UV3Low nastavíme na **0,7 x U_n** ochrany (tj. 4200 V). Ochrana bude signalizovat podpětí na přípojnicích. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas, kde $t = 0,3$ s.

Přepěťovou funkci OV3Low nastavíme na **1,2 x U_n** ochrany (tj. 7200 V). Ochrana bude signalizovat přepětí na přípojnicích. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas, kde $t = 0,5$ s.

Přepěťovou funkci nulové složky ROV1Low nastavíme na **15% U_n** ochrany (tj. 25 V U_o) . Ochrana bude signalizovat zemní spojení na přípojnicích. Pro časové zpoždění použijeme pevný čas kde $t = 2$ s. Ochrana musí být připojena na MTN v zapojení do otevřeného trojúhelníku.

6 Návrh provozního řádu a lhůt kontrol a revizí ochran

6.1 Úvod

Ochranám a automatickým zařízením musí být věnována náležitá péče a pozornost. Jejich správná činnost omezuje vypnutí dodávky elektrické energie na nezbytně nutné úseky, čímž se zabráňuje značným provozním a finančním ztrátám. Cena celkové revize a odzkoušení ochran tvoří jen zlomek skutečné ceny výpadku výroby. Opravdu nezanedbatelnou složkou je bezpečnost zařízení z hlediska úrazu.

Ochrany musí být správně nastaveny, musí mít bezpečné a spolehlivé napájení pomocným napájením (pokud to uvedený typ ochrany vyžaduje). O jejich působení musí být vedeny jednoznačné a přesné zápisy.

Výrobci moderních digitálních ochran ve svých návodech mnohdy uvádějí, že díky vybavení ochran samočinnými testovacími a monitorovacími funkcemi nevyžadují tyto žádnou údržbu ani pravidelné revize. Jenže problematika chránění není pouze v samotné ochraně, ale týká se dalších návazných zařízení jako jsou MTP, MTN, vypínačů, signalizačních a ovládacích obvodů, které je potřeba v pravidelných intervalech kontrolovat a zkoušet.

6.2 Druhy a termíny kontrol a zkoušek

[9]

V minulosti byly revizní lhůty a zkoušení elektrických ochran nařízeny normou **OEG 38 3011** (1967) *Provozní pravidla pro elektrárny a sítě*. Část B. Elektrická rozvodná zařízení. Pro oblast Báňské správy platila **ČSN 34 1410** (1986) *Elektrická zařízení v podzemí*. Tyto normy dnes již neplatí. Všechny povinnosti ve vztahu k zajištění bezpečného provozu elektrických zařízení byly převedeny na provozovatele. Práva a povinnosti právním subjektům může v právním státě ukládat jen zákon nebo jemu na roven postavený legislativní akt. Všechny výše uvedené normy a vyhlášky byly vytvořeny v době, kdy v naší elektrizační soustavě byly používány jen elektromechanické a statické ochrany.

S vydáním nových norem, kdy je většina úzce specializovaných problematik ponechána na provozovateli, který může být sice odborníkem v oblasti elektrotechniky obecně, avšak nemusí být vůbec seznámen s problematikou ochran vn si způsob a lhůty prohlídek elektrických zařízení určuje organizace ve svých provozních směrnících sama.

Jakýmsi návodem pro toto určení však ve většině případů bývají pouze provozní zkušenosti a dlouholetá praxe v nastavování a provozování starších typů ochran, které se svými parametry již nemohou srovnávat s novými digitálními ochranami. Vhodným způsobem, jak určit termíny a způsob zkoušek ochran je návod a doporučení výrobce zařízení. Kombinací tohoto způsobu a místními provozními zvyklostmi pak provozovatel sám vydává provozní řád lhůt a kontrol ochran elektrického zařízení.

Návodem pro vytvoření Místního provozního a pracovního předpisu může být také např. **Podniková norma energetiky PNE 38 4065** (2008), (dříve OEG 38 4065) *Provoz, navrhování a zkoušení ochran a automatik* z roku 2008, která se kontrolou ochran zabývá v čl. IV. Provoz, údržba a zkoušení. Tato norma se sice zabývá ochranami přenosové soustavy zvn a vvn, ale lze ji použít i pro náš případ tedy pro vn rozvodnu R 22 kV Teplárny Karviná

Zkoušky ochran dělíme na:

Zkoušky přejímací – provádějí se při uvádění ochran a automatik do provozu. Účelem této zkoušky je prokázat, že soustava ochran a automatik včetně příslušenství, odpovídá projektu a požadavkům na ně kladeným.

Pravidelné zkoušky – v rozvodnách vvn a důležitých výrobnách se provádějí 1 x za rok, v ostatních rozvodnách a výrobnách jednou za 2 roky.

Zkoušky mimořádné - provádějí se po těžších poruchách, při mimořádných úrazech na zařízení nebo při nesprávné činnosti ochran a automatik.

Primární zkoušky ochran - primární zkouška odhalí všechny případné chyby daného projektu nebo montáže. Při primárních zkouškách ochran se zkouší soustava ochran včetně přístrojových transformátorů a ostatního příslušenství. Tyto zkoušky umožní též ověření správnosti sekundárních obvodů, správnost zapojení přístrojových transformátorů, případně činnost vypínačů, měřících, signálních a vypínacích obvodů, funkčnost proudových obvodů pro měření, kvalitu svorkových spojení aj. Primární zkoušky nám mimo jiné umožní změřit velikost zatěžovacího břemene z hlediska výkonů přístrojových transformátorů.

Primární zkoušky ochran vn se provádějí při uvedení do provozu, dále pak místo každé třetí sekundární zkoušky.

Sekundární zkoušky ochran – opakovaná zkouška prováděna na zařízení ochrany ve stanovených lhůtách, která musí prokázat funkčnost ochranných relé.

U digitálních ochran dochází ke značně menšímu počtu poruch. Jedna z nejdůležitějších výhod digitálních ochran je jejich možnost záznamu.

U všech typů ochran je nutné rozdělit kontrolu ochran na tři části:

- Kontrola vstupních obvodů ochrany – připojení na měřící transformátory.
- Kontrola funkcí ochrany.
- Kontrola výstupních obvodů ochrany – signalizace a vypínací obvody.

Kontrolou vstupních obvodů jsou míněny kontroly svorkovnic (kvalita styku), izolační stav kabelů od měřících transformátorů k ochraně a vlastní svorkovnice ochrany, pokud není zajištěna kontrola vstupních obvodů je nutné pohlížet na všechny ochrany stejně.

Velmi důležitou zkouškou při závěru najíždění jakéhokoliv typu ochran je závěrečná funkční zkouška ochrany s vypínačem a odzkoušení signalizace. Jedině tak získáme jistotu, že ochrana je připravena řádně plnit svou funkci.

6.3 Návrh Místního provozního předpisu

Na základě výše uvedených důvodů doporučuji pro rozvodnu R 22 kV Teplárny Karviná provádět kontrolu a revizi ochran a všech návazných zařízení takto:

1 x za dva roky provést běžnou kontrolu převodu měřených veličin – primární strana / sekundární strana měřících transformátorů proudů a napětí měřicími přístroji a tyto hodnoty porovnat s údaji zobrazenými na displeji ochrany resp. řídicího systému Microscada. Tato část zkoušky se provádí na provozovaném chráněném zařízení za dodržení všech bezpečnostních předpisů a pracovních postupů.

1 x za dva roky provést běžnou kontrolu signalizačních a vypínacích funkcí prostřednictvím testovacích funkcí systému ochrany, nebo mechanickou simulací povelu. Kontrola signalizace se provádí na pracovišti operátora. Tato část zkoušky se provádí na odstaveném a řádně zajištěném chráněném zařízení.

1 x za čtyři roky provést komplexní kontrolu a zkoušku systému, včetně zkoušek ochranných funkcí (náběhové hodnoty), algoritmů, všech vnějších a vnitřních vazeb systému chránění, testovacích i diagnostických funkcí (poruchových zapisovačů). V celém řetězci systému chránění (MTP, MTN, ochrana) provést kontrolu všech šroubových spojů. Tato **zkouška se provádí na odstaveném** a řádně zajištěném chráněném zařízení a následně je ukončena **kontrolou na provozovaném** chráněném zařízení při zatížení chráněného objektu provozním proudem.

O všech kontrolách chráněného zařízení se provádí zápis do knihy ochrany nebo databáze PC a každá zkouška chráněného zařízení musí být ukončena písemným protokolem o zkoušce ochrany.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout vhodný způsob chránění distribuční rozvodny R 22 kV závodu Teplárny Karviná, tak aby vyhovoval potřebám, již zvolené koncepci chránění podružných rozvodů závodu a nasazenému řídicímu systému.

První část popisuje stávající výzbroj a zařízení rozvodny R 22 kV a dosavadní způsob chránění. Použití morálně a fyzicky zastaralých reléových ochrany je pro současné trendy chránění naprosto nepoužitelné. Tyto ochrany je potřeba nahradit novými nejen z hlediska spolehlivosti, ale i bezpečnosti a ochrany zdraví pracovníků.

V druhé a třetí části diplomové práce je proveden teoretický rozbor ochrany, popis jejich základních členů, rozdělení dle kritérií a popis jednotlivých druhů ochrany včetně jejich charakteristik a jednoduchých blokových schémat. Pro správný postup návrhu chránění jsou nutné některé důležité technické parametry jednotlivých chráněných zařízení a v neposlední řadě také znalost výpočtu maximálního třífázového a minimálního dvoufázového zkratového proudu. Tato kapitola o teorii chránění nám představuje oba způsoby výpočtů a to jak výpočet zkratových proudů v poměrných jednotkách tak i ve fyzikálních jednotkách.

Čtvrtá kapitola se zabývá již samotným výběrem a návrhem ochrany, jejich základním popisem a popisem jejich ochranných funkcí. Jako nejvhodnější typ pro potřeby rozvodny R22 kV Teplárna Karviná byly zvoleny ochrany REF 54_ pro běžné vývody a transformátory. Pouze pro transformátor T3 pracující v bloku s TG5 byl zvolen terminál číslcového chránění transformátorů RET 316, který je pro tento typ provozování nejvhodnější. Pro transformátory T4 a T5 navíc navrhuji rozdílové ochrany SPAD 346, které mají za úkol ochránit transformátor především při vzniku mezizávitových poruch a zkratech mezi vinutími. S ochranami SPAD 346 není uvažováno pro transformátory T6, T7, T8 a T9, neboť tyto jsou již nainstalovány na straně 6 kV, která není součástí řešení této diplomové práce.

Pátá kapitola této diplomové práce již popisuje samotné výpočty parametrů pro nastavení nadproudových a zkratových funkcí ochrany. Pro ukázkou výpočtu nastavení ochrany byly vybrány ochrany v polích, které reprezentují jednotlivé chráněné objekty tzn. oba distribuční transformátory T4 a T5 (110/22kV), jelikož každý z nich má jiný výkon, dále pak jeden ze čtyř transformátorů vlastní spotřeby 6,3MVA s převodem 22/6kV, jedno ze tří stejných kabelových vedení 22 kV LDS OKD, příčná spojka rozvodny R 22kV a kobka měření. Celkové nastavení všech ochrany rozvodny R 22 kV pro jednotlivé vývody je součástí tabulky č.16 v příloze č.5 této diplomové práce.

Dalším z úkolů této práce bylo navrhnout provozní předpis pro kontrolu a zkoušky ochrany s cílem určení termínů a způsobů provádění těchto kontrol a zkoušek. Tento návrh by měl sloužit provozovateli jako návod pro zpracování místních provozních a pracovních předpisů. Této problematice se věnuje poslední šestá část této diplomové práce.

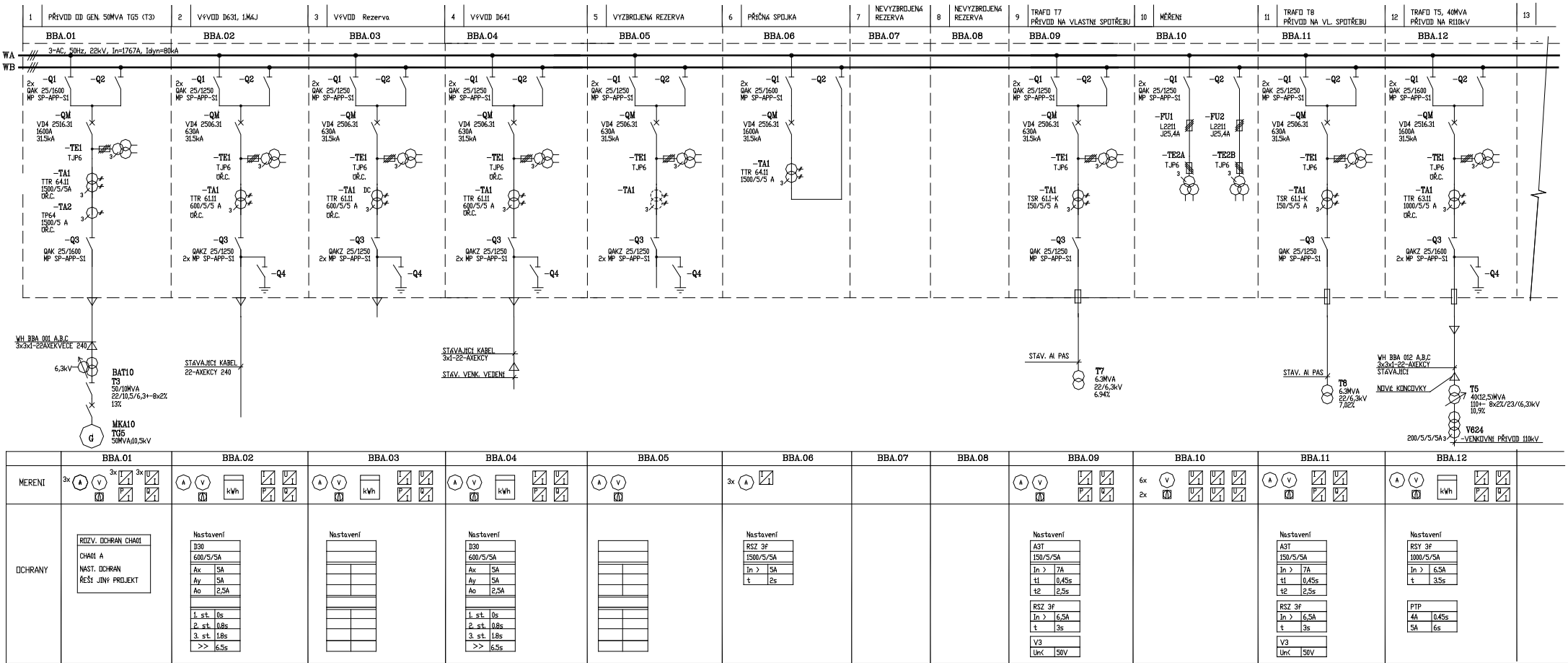
Tato práce byla pro mne velkým přínosem a teoretické poznatky získané při studiu mi umožňují jejich další uplatňování v praxi. Problematika chránění elektrických zařízení bude stále aktuální a vzhledem k vysokým cenám chráněného zařízení také přínosná. Věřím, že tato práce poslouží provozovateli jako podklad pro budoucí záměr modernizace ochrany v rozvodně R 22 kV Teplárny Karviná, usnadní se tímto jejich volba a výsledky výpočtů a správné nastavení přispějí k bezporuchovému chodu celého závodu.

8 Literatura

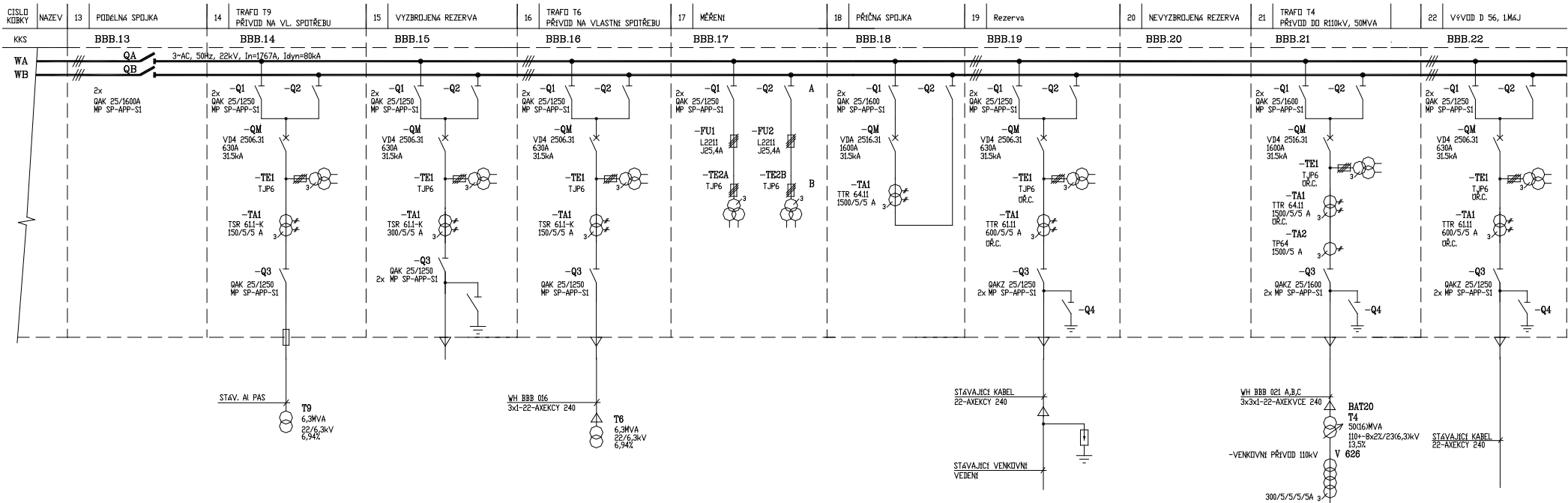
- [1] R. Grym, P. Hochman, J. Machoň, J. Hermann, B. Duchoň, Chránění II, IRIS2004
- [2] ČSN 33 3020 – Výpočet poměru při zkratech v trojfázové elektrizační soustavě, 1987.
- [3] Místní provozní a pracovní předpisy pro elektroprovoz TKV, Dalkia a.s., 2006
- [4] Gurecký J., Elektroenergetika – návody do cvičení, skripta VŠB
- [5] Technický referenční manuál Terminálu vývodového pole REF 54_ firmy ABB, 29.9.2007
- [6] Uživatelský manuál a technický popis SPAD 346, firmy ABB, 8.8.1996
- [7] Číslicový systém chránění transformátorů RET 316*4, firmy ABB, prosinec 1999
- [8] Martin Adamiec, Bakalářská práce - Výpočet zkratových poměrů pro Teplárnu Karviná, 2007
- [9] Podniková norma energetiky PNE 38 4065, 2008

9 Přílohy

Příloha č.1

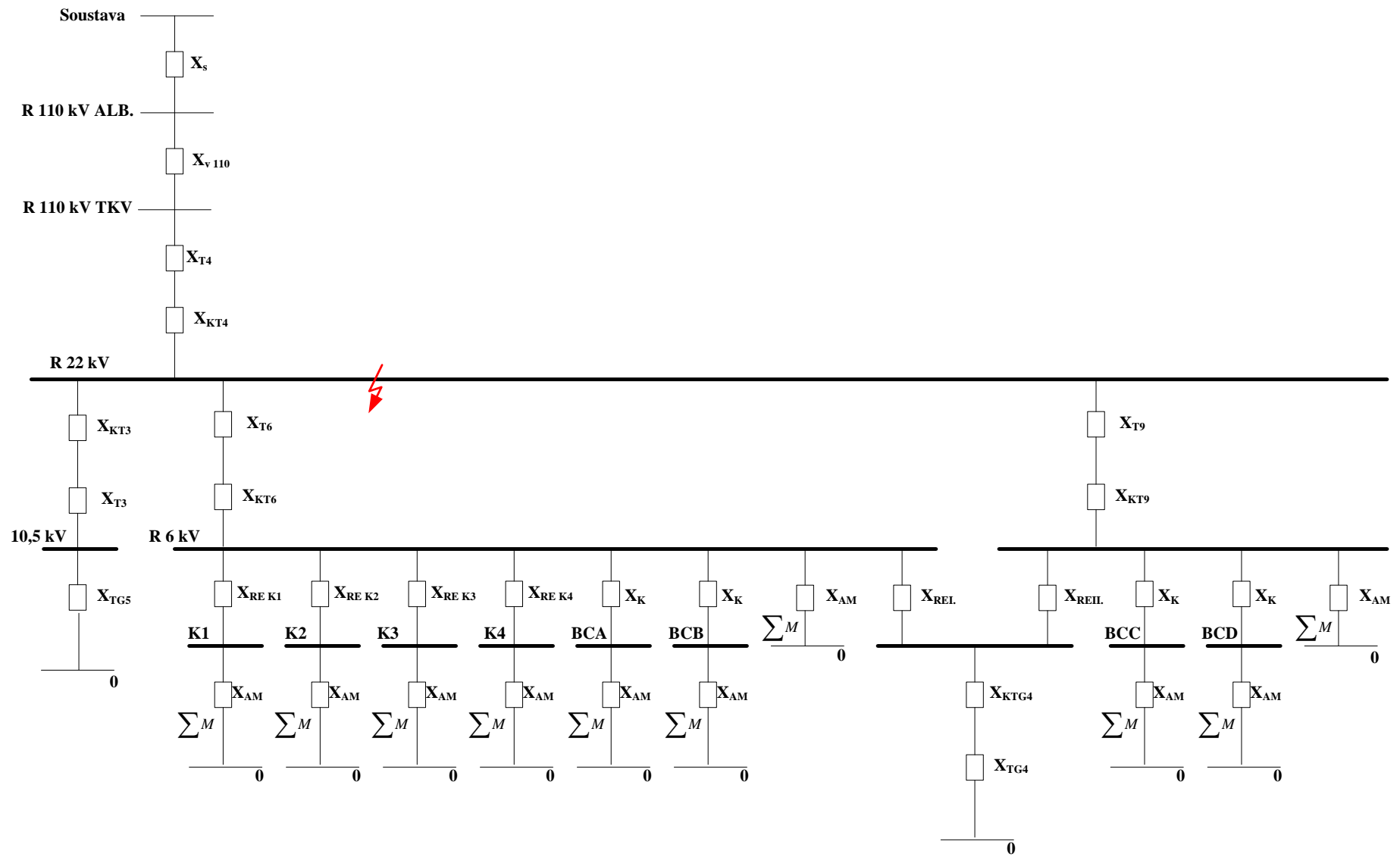


Příloha č.2

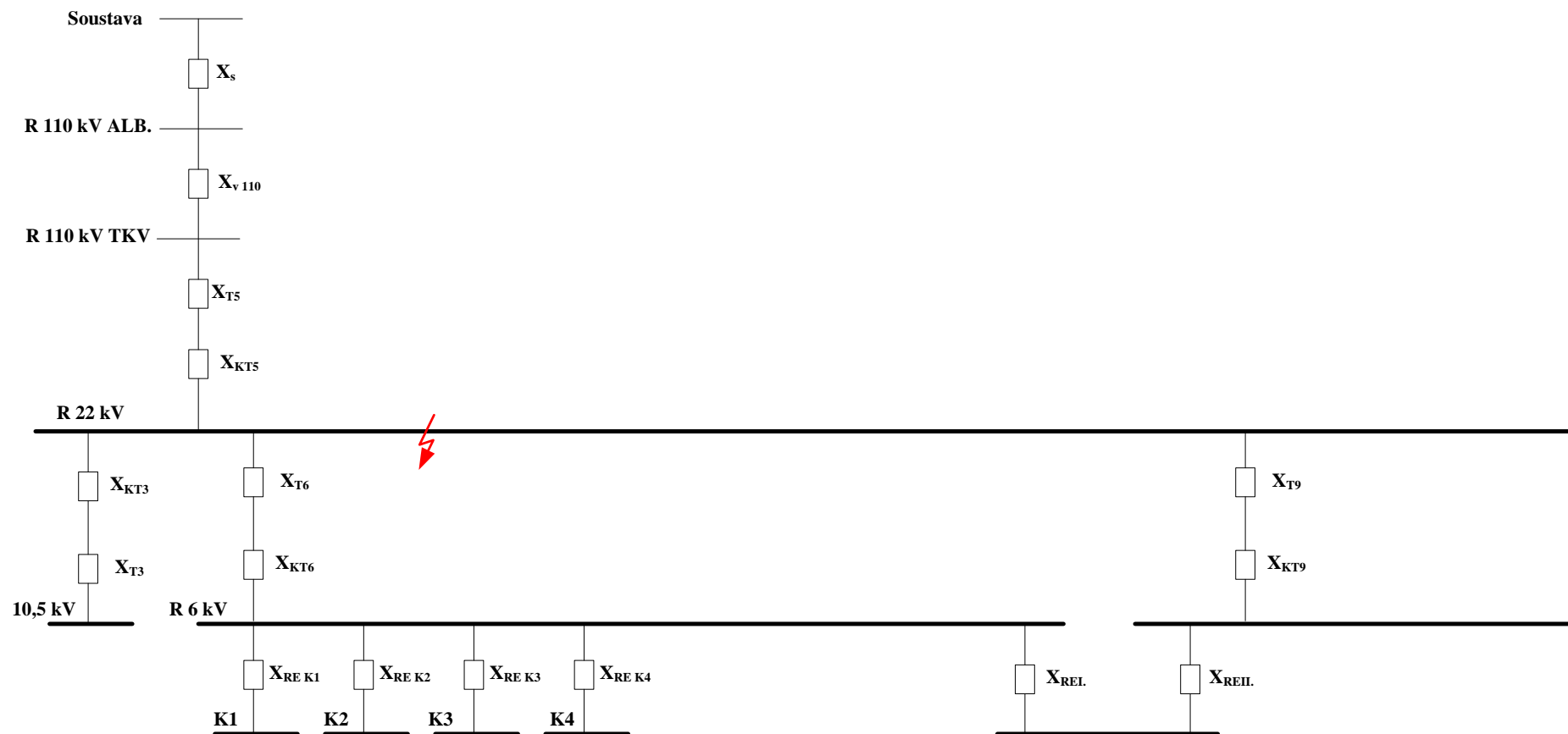


	BBB.13	BBB.14	BBB.15	BBB.16	BBB.17	BBB.18	BBB.19	BBB.20	BBB.21	BBB.22																																																																																																																
MĚŘENÍ																																																																																																																										
OCHRANY		<div>Nastavení</div> <table><tr><td>A3T</td><td></td></tr><tr><td>150/5/5A</td><td></td></tr><tr><td>In > 7A</td><td></td></tr><tr><td>t1 0.45s</td><td></td></tr><tr><td>t2 2.5s</td><td></td></tr></table> <div>RSZ 3f</div> <table><tr><td>In > 6.5A</td><td></td></tr><tr><td>t 3s</td><td></td></tr></table> <div>V3</div> <table><tr><td>Un< 150V</td><td></td></tr></table>	A3T		150/5/5A		In > 7A		t1 0.45s		t2 2.5s		In > 6.5A		t 3s		Un< 150V		<div>Nastavení</div> <table><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>																					<div>Nastavení</div> <table><tr><td>A3T</td><td></td></tr><tr><td>150/5/5A</td><td></td></tr><tr><td>In > 7A</td><td></td></tr><tr><td>t1 0.45s</td><td></td></tr><tr><td>t2 2.5s</td><td></td></tr></table> <div>RSZ 3f</div> <table><tr><td>In > 6.5A</td><td></td></tr><tr><td>t 3s</td><td></td></tr></table> <div>V3</div> <table><tr><td>Un< 150V</td><td></td></tr></table>	A3T		150/5/5A		In > 7A		t1 0.45s		t2 2.5s		In > 6.5A		t 3s		Un< 150V			<div>Nastavení</div> <table><tr><td>RSZ 3f</td><td></td></tr><tr><td>1500/5/5A</td><td></td></tr><tr><td>In > 5A</td><td></td></tr><tr><td>t 2s</td><td></td></tr></table>	RSZ 3f		1500/5/5A		In > 5A		t 2s		<div>Nastavení</div> <table><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>																						<div>Nastavení</div> <table><tr><td>RSY 3f</td><td></td></tr><tr><td>600/5/5A</td><td></td></tr><tr><td>In > 6.5A</td><td></td></tr><tr><td>Ay 5A</td><td></td></tr><tr><td>t 3.5s</td><td></td></tr></table> <div>PTP</div> <table><tr><td>4A 0.45s</td><td></td></tr><tr><td>5A 6s</td><td></td></tr></table>	RSY 3f		600/5/5A		In > 6.5A		Ay 5A		t 3.5s		4A 0.45s		5A 6s		<div>Nastavení</div> <table><tr><td>D30</td><td></td></tr><tr><td>600/5/5A</td><td></td></tr><tr><td>Ax 5A</td><td></td></tr><tr><td>Ay 5A</td><td></td></tr><tr><td>Ao 2.5A</td><td></td></tr></table> <div></div> <table><tr><td>1 st. 0s</td><td></td></tr><tr><td>2 st. 0.8s</td><td></td></tr><tr><td>3 st. 1.8s</td><td></td></tr><tr><td>>> 7s</td><td></td></tr></table>	D30		600/5/5A		Ax 5A		Ay 5A		Ao 2.5A		1 st. 0s		2 st. 0.8s		3 st. 1.8s		>> 7s	
A3T																																																																																																																										
150/5/5A																																																																																																																										
In > 7A																																																																																																																										
t1 0.45s																																																																																																																										
t2 2.5s																																																																																																																										
In > 6.5A																																																																																																																										
t 3s																																																																																																																										
Un< 150V																																																																																																																										
A3T																																																																																																																										
150/5/5A																																																																																																																										
In > 7A																																																																																																																										
t1 0.45s																																																																																																																										
t2 2.5s																																																																																																																										
In > 6.5A																																																																																																																										
t 3s																																																																																																																										
Un< 150V																																																																																																																										
RSZ 3f																																																																																																																										
1500/5/5A																																																																																																																										
In > 5A																																																																																																																										
t 2s																																																																																																																										
RSY 3f																																																																																																																										
600/5/5A																																																																																																																										
In > 6.5A																																																																																																																										
Ay 5A																																																																																																																										
t 3.5s																																																																																																																										
4A 0.45s																																																																																																																										
5A 6s																																																																																																																										
D30																																																																																																																										
600/5/5A																																																																																																																										
Ax 5A																																																																																																																										
Ay 5A																																																																																																																										
Ao 2.5A																																																																																																																										
1 st. 0s																																																																																																																										
2 st. 0.8s																																																																																																																										
3 st. 1.8s																																																																																																																										
>> 7s																																																																																																																										

Příloha č.3



Příloha č.4



Příloha č.5

Tabulka č. 16 – Konečné nastavení ochran vývodů R 22 kV

Transformátor T3 50/50/10 MVA 22/10,5/6,3 kV k.č. 1 Ochrana: RET 316 MTP: 22 kV 1500/5 10 kV 3000/5 6 kV 1000/5		Přetížení transformátoru - funkce - Overtemp			
		Parametr	-	Jednotka	Nastavení
		Thete-Begin	00 .. 100	%	100
		Theta-Warn	050 ..200	%	105
		Theta-Trip	050 ..200	%	110
		NrfPhases	1 ..3	(-)	3
		IB-Setting	0,5 .. 2,5	In	0,6
		TimeConst.	2,0 .. 500	(min)	20
		Časově nezávisle zpožděná nadproudová a podproudová funkce - Current - DT			
		Parametr	-	Jednotka	Nastavení
		Delay	0,02 ..60	sec	1,2
		I - Setting	0,02 .. 20	In	2
		MaxMin	-	(-)	max3ph
		NrOfPhases	1 .. 3	(-)	3

Diferenciální ochrana - funkce Diff –transf			
parametr	-	jednotka	Nastavení
g	0,1 ..0,5	In	0,4
v	0,25 .. 0,5	(-)	0,5
b	1,25 .. 5,0	In	1,5
g - High	0,5 .. 2,5	In	2
I - Inst	3,0 .. 15,0	In	12
Inrush Ratio	6 ..20	%	10
Inrush Time	0 .. 90	sec	5
a 1	0,05 .. 2,2	(-)	1,14
s 1	volitelné	(-)	YN
a 2	0,05 .. 2,2	(-)	1,09
s 2	volitelné	(-)	yn0
a 3	0,05 .. 2,2	(-)	1,09
s 3	volitelné	(-)	d1

Vedení D 631	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
k.č. 2 Ochrana: REF 543 MTP: 600/5	NOC3Low	3I> *	0,68	In	408	A
		k=	0,4	IDMT	0,4	IDMT
	NOC3High	3I>> **	6,1	In	3660	A
		t>>	1,1	s	1,1	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkratky na vedení 22 kV

Vedení D 641	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
k.č. 4 Ochrana: REF 543 MTP: 600/5	NOC3Low	3I> *	0,68	In	408	A
		k=	0,4	IDMT	0,4	IDMT
	NOC3High	3I>> **	6,1	In	3660	A
		t>>	1,1	s	1,1	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkratky na vedení 22 kV

Příčná spojka	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
k.č. 6 Ochrana: REF 543 MTP: 1500/5	NOC3Low	3I> *	1,25	In	1875	A
		k=	1	IDMT	1	IDMT

* Časově závislá charakteristika

Transformátor T7	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
6,3 MVA 22/6,3 kV	NOC3Low	3I> *	0,63	In	189	A
k.č. 9 Ochrana: REF 543 MTP: 300/5		k=	0,6	IDMT	0,6	IDMT
	NOC3High	3I>> **	4	In	1200	A
		t>>	1,5	s	1,5	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkratky na přívodu 22 kV a na trafu

Pole měření	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
22 kV	UV3Low	3U<	0,7	Un	15 400	V
k.č. 10 Ochrana: REF 543 MTN: 22 000/100		t	0,3	s	0,3	s
	OV3Low	3U>	1,2	Un	26 400	V
		t	0,5	s	0,5	s
	ROV1Low	U₀>	15%	Un	3300	v
		t	2	s	2	s

Transformátor T8	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
6,3 MVA 22/6,3 kV	NOC3Low	3I> *	1,26	In	189	A
k.č. 11		k=	0,6	IDMT	0,6	IDMT
Ochrana: REF 543	NOC3High	3I>> **	8	In	1200	A
MTP: 150/5		t>>	1,5	s	1,5	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkratky na přívodu 22 kV a na trafu

Transformátor T5	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
40 MVA 110/22 kV	NOC3Low	3I> *	1,2	In	240	A
k.č. 12		k=	0,8	IDMT	0,8	IDMT
Ochrana: REF 543	NOC3High	3I>>	12	In	2400	A
MTP:		t>>	2,3	s	2,3	s
110 kV 200/5	NOC3Inst	3I>>> **	1,05	In	210	A
		t>>>	5	s	5	s

* Časově závislá charakteristika

** Signalizace přetížení

Transformátor T5	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
40 MVA 110/22 kV	NOC3Low	3I>				
k.č. 12		k=				
Ochrana: REF 543	NOC3High	3I>>	4	In	4000	A
MTP:		t>>	2,1	s	2,1	s
22 kV 1000/5	NOC3Inst	3I>>>				
		t>>>				

Transformátor T5	Funkce	Nastavení	
40 MVA 110/22 kV k.č. 12 Ochrana: SPAD 346 MTP: 22 kV 1000/5 110 kV 200/5	P/In	30	%
	S	20	%
	I2tp/In	1,5	In
	Id/In >	10	In
	Id2f/Id1f >	10	%
	Id5f/Id1f >	35	%
	Id5f/Id1f >>	35	%
	I1/In	1,05	-
	I2/In	1	-

Transformátor T9	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
6,3 MVA 22/6,3 kV	NOC3Low	3I> *	1,26	In	189	A
k.č. 14		k=	0,6	IDMT	0,6	IDMT
Ochrana: REF 543	NOC3High	3I>> **	8	In	1200	A
MTP: 150/5		t>>	1,5	s	1,5	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkraty na přívodu 22 kV a na trafu

Transformátor T6	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
6,3 MVA 22/6,3 kV	NOC3Low	3I> *	1,26	In	189	A
k.č. 16		k=	0,6	IDMT	0,6	IDMT
Ochrana: REF 543	NOC3High	3I>> **	8	In	1200	A
MTP: 150/5		t>>	1,5	s	1,5	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkraty na přívodu 22 kV a na trafu

Pole měření	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
22 kV	UV3Low	3U<	0,7	Un	15 400	V
k.č. 17 Ochrana: REF 543 MTN: 22 000/100		t	0,3	s	0,3	s
	OV3Low	3U>	1,2	Un	26 400	V
		t	0,5	s	0,5	s
	ROV1Low	U ₀ >	15%	Un	3300	v
		t	2	s	2	s

Příčná spojka	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
k.č. 18 Ochrana: REF 543 MTP: 1500/5	NOC3Low	3I> *	1,25	In	1875	A
		k=	1	IDMT	1	IDMT

* Časově závislá charakteristika

Transformátor T4	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
50 MVA 110/22 kV	NOC3Low	3I> *	1	In	300	A
k.č. 21 Ochrana: REF 543 MTP: 110 kV 300/5		k=	0,8	IDMT	0,8	IDMT
	NOC3High	3I>>	12	In	3600	A
		t>>	2,3	s	2,3	s
	NOC3Inst	3I>>> **	0,87	In	261	A
		t>>>	5	s	5	s

* Časově závislá charakteristika

** Signalizace přetížení

Transformátor T4	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
50 MVA 110/22 kV	NOC3Low	3I>				
k.č. 21 Ochrana: REF 543 MTP: 22 kV 1500/5		k=				
	NOC3High	3I>>	3	In	4500	A
		t>>	2,1	s	2,1	s
	NOC3Inst	3I>>>				
		t>>>				

Transformátor T4	Funkce	Nastavení	
50 MVA 110/22 kV k.č. 21 Ochrana: SPAD 346 MTP: 22 kV 1500/5 110 kV 300/5	P/In	30	%
	S	20	%
	I2tp/In	1,5	In
	Id/In >	10	In
	Id2f/Id1f >	10	%
	Id5f/Id1f >	35	%
	Id5f/Id1f >>	35	%
	I1/In	0,87	-
	I2/In	0,84	-

Vedení D 56	Funkce	IEC symbol	Nastavení		Hodnota	
k.č. 22 Ochrana: REF 543 MTP: 600/5	NOC3Low	3I> *	0,68	In	408	A
		k=	0,4	IDMT	0,4	IDMT
	NOC3High	3I>> **	6,1	In	3660	A
		t>>	1,2	s	1,2	s

* Časově závislá charakteristika

** Vypíná zkratky na vedení 22 kV